

EXPOSITION UNIVERSELLE DE LONDRES DE 1862

RAPPORTS

DES MEMBRES DE LA SECTION FRANÇAISE

DU JURY INTERNATIONAL

SUR L'ENSEMBLE

DE L'EXPOSITION

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION

DE M. MICHEL CHEVALIER

Président de la Section française du Jury international.

TOME TROISIÈME



PARIS

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE CENTRALES DES CHEMINS DE FER

DE NAPOLÉON CHAIX ET Cie,

Propriétaires-Éditeurs, rue Bergère, 20, près du Bd Montmartre.

1862

EXPOSITION UNIVERSELLE DE LONDRES DE 1862

RAPPORTS

DES MEMBRES DE LA SECTION FRANÇAISE

DU JURY INTERNATIONAL

SUR L'ENSEMBLE

DE L'EXPOSITION

EXPOSITION UNIVERSELLE DE LONDRES DE 1862

RAPPORTS

DES MEMBRES DE LA SECTION FRANÇAISE

DU JURY INTERNATIONAL

SUR L'ENSEMBLE

DE L'EXPOSITION

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION

DE M. MICHEL CHEVALIER

Président de la Section française du Jury international

TOME TROISIÈME





PARIS
IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE CENTRALES DES CHEMINS DE FER
DE NAPOLÉON CHAIX ET Cie,
Propriétaires-Éditeurs, rue Bergère, 20, près du Bd Montmartre.
1862

CLASSE VIII.

MACHINES EN GÉNÉRAL.

SOMMAIRE :

CLASSE VIII.

MACHINES EN GÉNÉRAL.

SECTION I.

MACHINES A VAPEUR FIXES ET LOCOMOBILES,

PAR MM. TRESCA ET LUUYT.

CHAPITRE PREMIER.

GÉNÉRATEURS.

La vapeur est l'agent le plus universellement employé pour déterminer le développement du travail moteur dont nos industries ont besoin, au moyen de la chaleur développée par les phénomènes de la combustion. Au point de vue théorique, cette transformation a été, dans ces dernières années surtout, l'objet de recherches importantes, qui tendent à donner la mesure de ce que nous perdons encore sur la somme de travail que notre dépense de combustible pourrait nous fournir.

Le rôle des machines à vapeur s'agrandit en même temps que notre production augmente : elles ont en outre à satisfaire aux immenses développements de nos chemins de fer et de notre marine. Leur perfectionnement intéresse donc au plus haut point l'existence même de toutes les nations industrielles; nous n'avons à les considérer dans cette section qu'au point de vue du travail de nos manufactures, les machines marines et les locomotives appartenant à des divisions différentes de notre jury.

Nous étudierons séparément les générateurs et les machines, c'est-à-dire les appareils dans lesquels la vapeur se forme aux dépens du combustible, et les appareils dans lesquels cette vapeur est ensuite utilisée pour développer le travail mécanique.

§ 1er. — Chaudières tubulaires.

La forme qui paraît prévaloir en Angleterre pour les chaudières fixes, est celle des chaudières à double foyer intérieur; et c'est, par exemple, cette disposition qui a été employée dans les beaux générateurs que MM. Hick et fils ont installés pour le service des machines en mouvement. Ces chaudières, sans être les plus recommandables au point de vue du plus grand effet du combustible, ont été, dans ces dernières années, l'objet d'une modification importante. L'emploi des larges tubes qui servent de foyers exige, pour les grandes pressions, que l'on donne au métal une épaisseur capable de les faire résister à l'effort énorme d'écrasement auquel ils sont soumis. Aujourd'hui, on les forme en plaçant bout à bout plusieurs tronçons cylindriques réunis par des brides en fer à T, rivées à chacune de leurs extrémités ; on trouve dans cette disposition une armature efficace contre les déformations, et en même temps une grande facilité pour les réparations auxquelles les portions les plus fatiguées de ces tubes doivent être soumises. Chez M. Hick, chacune des vi-

roles est d'ailleurs soudée dans sa longueur, de manière à éviter toute superposition de la tôle et toute diminution de résistance pour les trous des rivets. On évite ainsi les accidents qui proviennent le plus souvent des inégalités d'épaisseur.

En France, on a beaucoup vanté depuis quelque temps l'emploi des chaudières tubulaires pour les machines fixes; mais il est certain que nos chaudières ordinaires, à bouilleurs inférieurs ou à bouilleurs latéraux, sont aussi avantageuses que les chaudières anglaises; et l'un de leurs principaux mérites, c'est qu'il n'est pas nécessaire de leur donner des diamètres aussi grands, et qu'elles sont à l'abri des causes de détérioration qui résultent de la présence du foyer à l'intérieur de la chaudière. Nous n'oserions employer la plupart du temps des chaudières de 2 mètres de diamètre, dimensions auxquelles on est nécessairement conduit lorsque l'on veut placer, comme dans l'installation de M. Hick, deux carneaux intérieurs dans chaque corps cylindrique. L'expérience est, sous ce rapport, le meilleur guide à suivre, et nous ne saurions expliquer la différence que nous venons de signaler dans la pratique des deux pays, qu'en attribuant aux constructeurs anglais une préférence pour les dispositions les plus simples, même lorsqu'elles ne conduisent pas à la meilleure utilisation du combustible. L'installation exclusive, et d'ailleurs très-remarquable, de ces générateurs de l'Exposition, a empêché le jury d'établir une comparaison qui aurait pu être faite entre les différents types, si, comme chez nous en 1855, on avait permis à chaque constructeur d'intervenir pour sa part dans la production d'ensemble de la vapeur nécessaire au service général des machines exposées.

Au moment de déposer ce rapport, nous avons vu que l'on installait trois chaudières nouvelles du système tubulaire; mais les travaux du jury étaient terminés. N'ayant pu nous livrer à cette étude, nous sommes réduits à citer les dispositions de quelques-unes des chaudières de l'Exposition; nous

indiquerons les tendances isolées de certains constructeurs. mais nous aurons à constater bien peu de progrès généraux;

Il est arrivé du nouveau Monde un générateur composé de petites sphères creuses en fonte portant chacune des tubulures qui permettent de former entre elles un ensemble de la forme la plus convenable pour recevoir et utiliser l'action du gaz de la combustion. Des boulons passant par les axes suffisent pour relier un certain nombre de ces boules, et nous savons qu'à Paris même, une chaudière de cette espèce est en fonctions depuis plusieurs mois. Ce mode de construction soulève, et avec plus de raison encore, les objections qui ont si souvent été faites contre tous les systèmes de chaudières à circulation.

MM. Malo-Belleville, de Dunkerque, MM. Hédiard et Joly, d'Argenteuil, ont envoyé des chaudières qui, pour n'être pas seulement des chaudières à circulation, puisque l'eau doit s'y maintenir à un niveau presque constant, ne sont cependant acceptées par l'industrie que dans les circonstances exceptionnelles pour lesquelles ces dispositions semblent faites.

En construisant des chaudières avec des tubes dans les quels un petit volume d'eau s'échauffe, on obtient, sans doute, l'avantage d'une grande rapidité de mise en train, on obtient même une complète garantie contre les explosions si funestes de nos grandes chaudières; mais, par cela même que les éléments qui entrent dans la construction sont plus nombreux, les incrustations, les fuites de vapeur, les mille accidents de la pratique journalière, ne permettent pas de croire que ces appareils puissent jamais remplacer d'une manière générale nos grands générateurs. Le surchauffement de la vapeur qu'ils produisent n'est pas d'ailleurs sans inconvénient, lorsqu'il n'est pas maintenu, par des soins intelligents, entre des limites très-restreintes.

§ 2. — **Chaudières à foyer amovible.**

Les principaux générateurs exposés sont tubulaires. Seuls applicables aux machines locomotives, aux machines de navigation, presque exclusivement employés dans les machines locomobiles, on peut se demander s'ils ont au même degré leur raison de l'être dans les machines motrices de nos ateliers. Quoi qu'il en soit, nous trouvons pour la première fois à l'Exposition un nouveau principe, celui des chaudières à foyer amovible, ayant pour objet de parer, lors de l'emploi des chaudières tubulaires, aux graves inconvénients des incrustations, qu'il est si difficile de combattre dans ces appareils.

MM. Farcot et fils, d'une part, MM. Laurens et Thomas, de l'autre, ont présenté dans ce genre des dispositions extrêmement intéressantes qui résolvent parfaitement le problème, et que nous recommandons avec confiance. La disposition de MM. Laurens et Thomas est facile à comprendre, au moyen de leurs jolis modèles, laissant voir, dans un corps de chaudière en verre, le système complet du foyer et des tubes, qui s'enlèvent d'une seule pièce, pour être nettoyés toutes les fois qu'il est nécessaire. MM. Farcot et fils obtiennent le même résultat par une disposition différente, mais non moins ingénieuse.

Chez les uns et les autres le principe est le même : l'ensemble de toutes les pièces amovibles, quelle qu'en soit la forme, est fixé à l'enveloppe de la chaudière par un joint à brides qui, fait au moyen de mastic, de caoutchouc, ou d'une bague de métal, peut facilement se défaire lorsque l'on a besoin de visiter ou de nettoyer les tubes. Déjà les Anglais et les Belges se sont occupés de ce mode de construction, mais sans le copier servilement.

La chaudière de M. Zambeaux a été expérimentée par la Société industrielle de Mulhouse, et l'on pourra trouver dans

le rapport de MM. Dubied et Burnat tous les détails qui la concernent.

§ 3. — Appareils employés pour combattre l'incrustation.

Parmi les appareils proposés pour combattre l'incrustation des chaudières à vapeur, celui qui est exposé par M. Durenne, et breveté au profit de M. Wagner, permet de recueillir, par l'échauffement préalable de l'eau d'alimentation sur des plaques spéciales, contenues dans la chaudière même ou dans un appareil voisin, la plus grande partie des sels incrustants, qui se déposent facilement sous l'influence de cette température. La locomobile du même constructeur est la première qui soit munie de cette disposition, et elle doit, sous ce rapport, être signalée.

Les chaudières des locomobiles anglaises, moins favorables peut-être au point de vue de la production économique de la vapeur, sont, en général, plus légères que les nôtres. Elles ne seraient pas tolérées en France avec les épaisseurs actuelles dont on se contente pour les feuilles de tôles qui les composent; mais il y a tout lieu d'espérer, pour ces chaudières comme pour les autres, qu'une réglementation plus libérale, dont l'administration s'occupe en ce moment, viendra enfin substituer, chez nous, un système d'épreuves modérées au régime complexe des essais actuels, et réduire à ce qui est raisonnable les dispositions relatives à l'épaisseur, dispositions qui sont si rigoureuses pour les parties cylindriques, tandis que les parties planes, et par conséquent les plus dangereuses, ne sont assujetties qu'à la première de ces exigences. Les locomobiles anglaises ne pourraient aujourd'hui entrer en France par suite de ces règlements, qui, de leur côté, augmentent assez le prix de revient de nos locomobiles françaises pour leur fermer absolument le marché anglais.

§ 4. — Appareils de fumivorité.

La fumivorité des chaudières à vapeur est aussi recherchée dans tous les pays qu'en France, et, il faut le reconnaître, les cheminées des usines de Londres dégagent déjà moins de fumée qu'en 1851. On arrive à ce résultat par un grand nombre de procédés différents, parmi lesquels les grilles inclinées ou mobiles, les portes à jour, et l'interjection de l'air ou de la vapeur, sont représentées à l'Exposition sous diverses formes.

Le foyer Tembrinck, appliqué à la locomotive exposée par les Compagnies de Paris à Lyon, et déjà employé sur un grand nombre de machines des chemins de fer de l'Est, a déjà fait ses preuves en France ; l'un de nous a voyagé sur une locomotive munie de cet appareil, et a reconnu l'absence complète de fumée, avec la houille si fumeuse de Sarrebruck. Le procédé consiste à se servir d'une grille d'une grande inclinaison et d'un bouilleur disposé dans le foyer même, de manière à forcer les gaz combustibles, provenant du charbon frais, à se mêler à la flamme suroxygénée formée par les gaz qui n'ont traversé que les couches de houille déjà transformées en coke.

En Angleterre, M. Mac Connell a pourvu sa locomotive d'une grande chambre de combustion dans laquelle il cherche à brûler les gaz, en laissant prendre à la flamme tout son développement, sans la gêner en rien par une introduction trop précipitée dans les tubes, qui, dans les circonstances ordinaires, la refroidissent et empêchent les hydrocarbures de brûler.

Dans l'installation des chaudières de l'Exposition, M. Clark se sert d'une injection de vapeur qui agit mécaniquement sur l'air intérieur, tout autour de ses orifices d'écoulement, et entraîne ainsi avec elle une quantité d'air suffisante pour assurer la complète combustion. On sait que des procédés

analogues existent en France ; mais au lieu d'agir dans la flamme elle-même, M. Clark fait ses injections au-dessus, et de manière à la maintenir plus longtemps dans la chambre du foyer, où il concentre ainsi l'action chimique de son excès d'air. Ce procédé est extrêmement efficace, mais rien n'indique qu'il soit meilleur et plus économique que les nôtres.

On ne sait pas assez que l'industrie possède dès aujourd'hui un grand nombre de procédés à l'aide desquels nos villes pourraient être affranchies de l'inconvénient qui résulte des cheminées industrielles dont la fumée obscurcit l'atmosphère, et qui n'est vraiment à craindre que quand on veut brûler, sur une grille donnée, une trop grande quantité de combustible.

Les belles expériences que vient de faire la Société industrielle de Mulhouse ont établi que lorsqu'on brûlait le combustible avec excès d'air, son utile effet était, en définitive, beaucoup moindre que quand on ne lui fournissait que la quantité strictement théorique, ou même un peu moins. Les procédés analogues à celui de M. Clark ne doivent point, d'après ces indications, conduire à une diminution quelconque dans la dépense ; mais on peut, au moyen de réchauffeurs de l'eau d'alimentation, fonctionnant aux dépens de la chaleur emportée par les gaz, regagner comme effet utile une partie de ce qui aurait été perdu, et les mêmes expériences ont fait voir que l'emploi de ces appareils, par l'augmentation du volume d'air, pouvait conduire à un minimum de consommation inférieur à celui qui correspond à une dépense d'air beaucoup moindre.

CHAPITRE II.

MACHINES A VAPEUR.

§ 1er. — Dispositions générales.

Les appareils exposés par M. Duméry, par M. de Chodsko et par M. Palazot, peuvent, comme la plupart des autres, et lorsqu'ils sont employés avec discernement, conduire à des résultats favorables.

Le nombre des machines exposées est trop considérable pour que nous puissions, dans un rapport succinct, les passer toutes en revue; il nous suffira d'indiquer les tendances que leurs constructions révèlent, et de présenter quelques considérations sur leurs dispositions générales. En 1851, nous avions vu en Angleterre des dispositions très-variées, quelques-unes peu rationnelles, celles des machines à cylindres renversés par exemple; et les constructeurs de ce pays semblaient se préoccuper très-peu d'utiliser toute la puissance de la vapeur. Aujourd'hui, à peu d'exceptions près, nous ne trouvons que deux dispositions vraiment générales : celle des machines dites à balancier pour certains cas spéciaux, et particulièrement pour les pompes à air des appareils de sucrerie, et celle des machines à cylindre horizontal, qui se multiplie de plus en plus. On peut sans crainte affirmer que la disposition horizontale a dès aujourd'hui la préférence; et les tentatives diverses au moyen desquelles on a cherché à appliquer le principe de Woolf à cette disposition, montrent qu'en Angleterre et en Belgique elle est très-recherchée par les fabricants.

Il est bien établi maintenant que le cylindre horizontal ne s'ovalise guère ou même ne s'ovalise point, lorsque le metal est d'une dureté suffisante, et les facilités particulières qu'offre

ce système pour la fondation et la stabilité de l'ensemble de la machine suffiraient pour lui assurer une juste prééminence. Il convient d'ailleurs de remarquer que la tige du piston, qui se meut horizontalement, est parfaitement placée pour commander, au moyen de manivelles agissant sous différents angles, un arbre moteur d'une inclinaison quelconque.

La tendance qu'ont les chefs d'industrie à employer, pour certaines opérations au moins, des moteurs spéciaux, devait, pour cette raison, favoriser la généralisation de ces sortes de machines. Nous pouvons citer, dans le département anglais, un moulin à axe vertical de MM. Whitmore et fils, et deux turbines à sucre de MM. Manlove-Alliott et Cᵉ, qui sont ainsi commandées par de petites machines horizontales.

En France, on n'a pas fait un fréquent usage de ce genre de disposition. Nous savons cependant que M. Chapelle, à la *boulangerie Scipion*, et MM. Thomas et Laurens, dans diverses usines, y ont eu recours.

Les machines fixes peuvent être divisées en deux grandes classes : les machines ordinaires, et les machines que nous appellerons économiques, dans lesquelles les constructeurs se sont proposé de réduire autant que possible la consommation du combustible et de la vapeur. On sait que ce résultat ne peut être obtenu qu'au moyen de certaines complications dans les fonctions ou dans les organes, ce qui nous permettra de désigner sous le nom de machines simples celles dans lesquelles on a eu surtout pour but de réduire autant que possible le nombre des pièces du mécanisme, en n'attachant qu'une importance secondaire à la question de la consommation.

Dans les machines de ce genre se trouvent comprises la plupart des machines locomobiles ou *demi-fixes* d'une force inférieure à celle de quatre chevaux, et aussi, nous devons le dire, un certain nombre de machines anglaises d'une puissance supérieure. Ces machines ne comprennent ni enveloppe de vapeur au cylindre et aux couvercles, ni organes

spéciaux destinés à prolonger la détente, ni condensation. Dans certaines industries spéciales qui permettent l'utilisation, à certains usages, de la chaleur emportée par la vapeur, on peut sans inconvénient recourir aux machines de ce genre. C'est en particulier ce que font MM. Cail et Ce pour leurs diverses machines de sucreries, qui sont d'une si belle exécution. Sans doute, dans ces machines sans enveloppe, les pertes dues au refroidissement de la vapeur sont irréparables, mais cet inconvénient est compensé par la plus grande simplicité du moteur, qui est moins sujet aux réparations. Nous n'avons, du reste, rien à dire de la plupart de ces machines, qui sont généralement bien construites, et qui constituent, à peu d'exceptions près, la généralité des petits moteurs de l'Exposition.

Quelques tentatives de machines à rotation directe se sont produites : elles n'ont qu'un intérêt très-secondaire à cause de l'augmentation des surfaces frottantes et des fuites possibles. Cependant, nous citerons celle de M. Scheutz (Suède), dans laquelle l'un des inconvénients de ces machines a été complétement évité : par une disposition que nous croyons nouvelle, l'inventeur fait faire la distribution par la partie rotative elle-même, de manière à éviter absolument tout espace nuisible; la vapeur n'agit toutefois que sur une section annulaire très-étroite, et l'on n'utilise dès lors qu'une très-petite partie du volume total.

Les machines semi-rotatives sont encore moins intéressantes, et l'on s'étonne de la facilité avec laquelle certains constructeurs se laissent séduire par la simplicité apparente d'un système dont l'utilité réelle est au moins contestable.

La machine de M. Quillacq, qui est destinée à extraire la houille du fond des mines, se distingue par une disposition qui lui est propre. En augmentant la course de ses pistons, en les accouplant sur manivelles à angle droit, en se donnant le moyen de modérer à volonté la force motrice par les organes de distribution, M. Quillacq a pu supprimer les

engrenages intermédiaires, et agir directement sur la bobine d'extraction, dont il peut arrêter sûrement le jeu en un point déterminé de la course. On voit ainsi combien les conditions de l'usage qu'on doit faire d'un moteur doivent influer sur ses dispositions principales. Très-ramassés dans les machines de bateaux où l'espace est surtout limité, les organes sont, au contraire, développés jusqu'à l'extrême dans cette machine de mine, pour laquelle on a toujours amplement la place nécessaire, et où l'on a cherché à atteindre la plus grande simplicité d'installation et de manœuvre.

§ 2. — Machines économiques.

Les machines dans lesquelles on a recherché la meilleure condition de l'économie du combustible, sont plus intéressantes et nous arrêteront plus longtemps.

Les constructeurs anglais, semblent, dans ces derniers temps, avoir compris que leurs richesses minérales ne sont pas inépuisables, et qu'il y aurait intérêt à les ménager. Ils se sont donc appliqués à fabriquer des machines économiques. Dans cet ordre d'idées, le fait le plus saillant, nous l'avons dit, c'est la construction des machines horizontales à deux cylindres, disposés de telle façon qu'après une détente plus ou moins prolongée dans le petit cylindre, la vapeur puisse être encore utilisée dans le grand.

On sait qu'en alternant les entrées de vapeur dans ces deux cylindres on arrive à constituer, pour les machines à balancier, le système le plus favorable à une grande régularité du travail ; les deux pistons fonctionnent alors simultanément dans le même sens, et pour obtenir avec les machines horizontales, sans balancier, le même avantage, il faut aussi faire arriver dans le même sens a vapeur dans les deux cylindres, dont les pistons agissent sur une même manivelle ou sur des manivelles parallèles.

Dans plusieurs machines anglaises on a eu recours à cette

disposition ; mais les orifices correspondants sont éloignés l'un de l'autre, et les espaces intermédiaires deviennent nécessairement trop grands. C'est, en particulier, ce que l'on peut reprocher à une machine belge, celle de M. Scribe, dans laquelle le petit cylindre est placé sur le même axe que le grand, et à une autre machine, d'ailleurs très-intéressante, de M. Bergsund (Suède), où le petit cylindre est placé à l'intérieur même du cylindre de détente, ce qui rend cependant les espaces intermédiaires moins volumineux que dans les anciennes machines de Woolf.

Mais on obtient un plus grand avantage, si l'on fait agir les deux pistons sur des manivelles opposées, et par conséquent toujours en sens contraires l'un de l'autre, ce qui permet de placer respectivement chaque orifice de sortie du petit cylindre tout à côté de l'orifice correspondant du second. Pour les machines demi-fixes ou même mobiles, cette disposition présenterait encore cette particularité que les réactions des pièces du mouvement seraient exactement équilibrées, résultat auquel est arrivé M. Engerth dans sa nouvelle locomotive *Dupleix*.

Ce type de machines horizontales de Woolf, à manivelles opposées, se rencontre chez plusieurs constructeurs anglais, tantôt avec distribution spéciale pour chacun des cylindres, tantôt avec un tiroir unique pour les deux.

En accouplant deux systèmes semblables sur manivelles à angle droit, M. de Landtsheer, en Belgique, s'est assuré une régularité de marche remarquable, pour sa grande machine de filature, dont il n'a exposé que le dessin. Nous y avons remarqué qu'il n'avait point cherché à réduire les espaces intermédiaires, quoiqu'il soit sage de les diminuer le plus possible.

Une locomobile de M. Wenham, à deux cylindres, dont les pistons marchent en sens opposés, et qui, par conséquent, est parfaitement appropriée à sa destination, se fait encore remarquer par un agencement digne de remarque. La va-

peur qui sort du premier cylindre vient se réchauffer avant d'entrer dans le cylindre de détente : cet échauffement doit se faire sans augmenter d'une manière notable la pression conservée par cette vapeur, et servir seulement à vaporiser les particules déjà condensées.

Les expériences faites par M. Normand, en France, ont constaté déjà les avantages de ce système, auquel il avait donné spécialement la faculté d'opérer le réchauffement de la vapeur, par une circulation prolongée dans un tuyau renfermé dans la chambre de vapeur de la chaudière principale. M. Wenham n'a point pris cette précaution, et l'on peut craindre que, par son contact avec les tubes de fumée, sa vapeur ne soit accidentellement, sinon toujours, amenée à un état de surchauffement nuisible.

Du reste, les résultats dont nous venons de parler sont éminemment remarquables, puisqu'ils se traduisent par les chiffres suivants : 1.45 kilogrammes de charbon, et 11.53 kilogrammes de vapeur par force de cheval et par heure. Ce serait une diminution notable par rapport à celle de nos meilleures machines à détente, de même puissance, et l'on ne doit pas s'étonner que la marine anglaise elle-même se préoccupe de la question, et pense à construire sur ce même principe des machines à quatre cylindres successifs qui présenteraient sans doute une grande économie, en comparaison des machines sans enveloppe de la flotte britannique.

MM. May et Ce ont exposé une machine de Woolf à cylindres horizontaux, dont les bielles agissent sur des manivelles calées presque à angle droit : la vapeur, en sortant du premier cylindre, est introduite dans un réservoir placé au-dessous ; elle y est réchauffée par une enveloppe de vapeur venant de la chaudière, et elle est mise en communication avec le second cylindre, au moment où son piston est revenu à l'extrémité de sa course.

Nos constructeurs ont cherché l'économie du combustible dans un esprit tout différent; et ici nous retrouvons

encore les noms de MM. Farcot et fils, de MM. Thomas et Laurens, avec ceux d'autres constructeurs, tels que M. Lecouteux, qui les ont suivis dans cette voie, et qui tous regardent avec raison les enveloppes de vapeur sur le cylindre et sur ses couvercles, comme étant de première importance pour le bon emploi du combustible. Il est hors de doute que tout surchauffage de la vapeur sera très-avantageux dans une machine non enveloppée, mais que ces avantages seront relativement moins considérables à mesure que l'on opérera sur un cylindre moins bien entouré de vapeur, et par conséquent fonctionnant déjà dans des conditions avantageuses.

Sous ce rapport, les machines françaises que nous venons de citer n'ont leurs égales que dans certaines machines d'origine américaine exposées par la Prusse, et que l'on désigne, d'après leur inventeur, sous le nom de *machine Corliss*.

Les deux modèles exposés, de ce système, nous ont offert un type entièrement nouveau : leur bâti, d'une seule pièce, est mieux assis, bien que moins développé que ceux de nos machines horizontales. Le cylindre est pendu latéralement; il a séparément deux orifices d'admission et deux orifices d'émission, imitant en cela certaines machines navales de construction française; mais il en diffère absolument en ce que la distribution se fait pour chacun de ces orifices par des organes appropriés, supprimant presque entièrement les espaces nuisibles, et agissant tous quatre par l'intermédiaire d'un plateau central qui reçoit son mouvement par la bielle ordinaire d'excentrique. La disposition générale de cette machine est excellente : on nous assure qu'elle fonctionne en Amérique au nombre de plus de deux mille exemplaires, et nous devons engager nos constructeurs à s'en préoccuper.

§ 3. — Dispositions prises pour régler la marche de la vapeur.

Les avantages du surchauffage de la vapeur sont toujours controversés. Beaucoup d'industriels l'ont essayé, et, après avoir constaté pendant une période plus ou moins longue une économie réelle, ils ont été conduits à le supprimer par suite des grippements qui se produisaient parfois par l'absence du graissage. La moindre augmentation un peu anormale dans la température de cette vapeur suffit pour donner lieu à ces accidents, et les propriétaires des machines hésitent à se servir d'une arme aussi dangereuse. Nous sommes étonnés, toutefois, que la méthode si originale, formulée d'abord par M. Sorel, représentée plus tard à l'Exposition de 1855 par M. Wethered, fasse complétement défaut à l'Exposition actuelle. Elle consistait à mélanger avant l'arrivée dans la boîte à tiroir la vapeur trop surchauffée, en telle proportion qu'on voulait, avec la vapeur humide de la chaudière; on aurait dû trouver dans cette pratique tous les avantages du surchauffage sans avoir à en craindre les inconvénients. Dans ses nouvelles constructions, notre marine impériale essaye maintenant un procédé analogue

Diverses dispositions ont été présentées pour modifier à volonté la période d'admission de la vapeur, afin de la faire travailler, plus ou moins, par sa détente. Dans les machines sans condensation, cette détente ne doit pas être prolongée au-delà de la pression atmosphérique; mais, ainsi limitée, elle peut encore être produite dans les conditions les plus convenables, soit à la main, soit par l'action d'un régulateur. MM. Laurens et Thomas emploient, par exemple, pour leur locomobile une détente très-prolongée, au moyen d'un seul tiroir agissant, sous ce rapport, par le recouvrement des lumières; et ils utilisent d'une manière remarquable la compression qui en résulte, à la suite de la période d'échappement, pour ramener la vapeur restante jusqu'à sa pression

primitive, avant la nouvelle introduction. On comprend l'influence d'une pareille disposition, puisqu'elle réduit presque entièrement l'influence des espaces nuisibles, plus qu'aucune autre ne le peut faire. M. Cail et la plupart des constructeurs anglais emploient pour ce même objet la distribution dite à deux tiroirs, de Meyer, manœuvrée seulement à la main. MM. Warrall, Elwell et Poulot ont modifié d'une façon intéressante la construction de la vis à deux pas opposés qui constitue le mode habituel de transmission aux deux plaques de détente. Par une autre combinaison, M. Bréval peut obtenir, dans la durée d'admission, de plus grandes variations qu'il n'était possible de le faire dans la plupart des systèmes précédents. MM. Farcot et fils, et M. Lecouteux, continuent à employer avec succès la distribution à double plaque de détente, dite à entraînement ou par frottement. MM. Laurens et Thomas l'ont modifiée dans l'un de ses détails, en remplaçant par un mouvement rectiligne d'une came trapézoïdale, le mouvement de rotation de la came centrale, qui sert habituellement à limiter, pour chaque admission, la course de la plaque de détente.

Les constructeurs anglais, en recherchant plus qu'ils ne l'avaient fait jusqu'à présent les meilleures conditions d'économie, ont été, comme les nôtres, conduits à faire fonctionner leur système de distribution, à détente variable, par la machine même. MM. Thomas et Laurens sont d'avis qu'il vaut mieux faire agir le régulateur sur le papillon, malgré les inconvénients qui résultent de l'étranglement de cet organe. Comme la distribution automatique, pour une puissance donnée, peut conduire à deux solutions distinctes, savoir : une diminution de pression dans la chaudière, avec une grande admission, ou une admission faible avec la détente convenable, ils craignent que, dans les ateliers les moins soigneux, on n'arrive à celle de ces deux solutions qui est la moins bonne. Nous ne partageons pas cette crainte, et pensons qu'il sera toujours aisé d'obtenir du chauffeur qu'il emploie

le mode de travail le plus économique. Ainsi nous continuerons à préférer les machines à détente variable par l'action du régulateur, parce qu'elles représentent pour nous une moindre consommation. Sans doute, il est plus difficile d'agir sur les organes de la distribution, et l'on pourrait reprocher aux anciens systèmes une certaine complication; mais aujourd'hui les régulateurs à bras croisés qu'emploient MM. Farcot, les régulateurs à air de M. Larivière, que MM. Thomas et Laurens semblent préférer, les régulateurs à eau de M. Bourdon et d'autres encore, permettent de diminuer cette complication, et assurent à ces sortes de machines un travail parfait.

D'autres régulateurs figurent à l'Exposition, et nous ne pouvons omettre de citer celui de M. Porter (États Unis), qui, par une surcharge de sa tige verticale, arrive à une sensibilité très-remarquable. MM. Varrall, Elwell et Poulot sont arrivés, de leur côté, à une solution différente du régulateur, dit parabolique, qui possède la propriété de régler exactement à la même vitesse de marche, pour toutes les puissances. Ce régulateur est aussi surchargé, et l'on peut voir qu'il en est de même de ceux qui sont employés pour la machine Corliss.

On sait que la condensation permet de prolonger la détente, et les meilleures machines sont toutes à condensation. L'emploi des condenseurs à surface a été l'objet de plusieurs dispositions : on s'est, en général, efforcé de faciliter le démontage des tubes, pour les mettre à l'abri des incrustations prolongées, dont le moindre effet est de les rendre bientôt insensibles. Les condenseurs tubulaires, maintenus avec interposition de caoutchouc, par des brides, sont ceux qui paraissent répondre le mieux aux conditions d'un bon usage. Il y a longtemps d'ailleurs que l'on cherche une bonne disposition de ces condenseurs; et, bien que quelques-uns soient restés en service pendant quelques années, on a, la plupart du temps, été conduit à les abandonner, tant par suite des incrustations et de l'encrassement des surfaces, que par l'impossibilité de

s'opposer d'une manière efficace aux inégalités de la dilatation. L'emploi du caoutchouc permettra sans doute de remédier à ce dernier inconvénient.

§ 4. — **Locomobiles et machines demi-fixes**.

Les locomobiles et les machines demi-fixes, c'est-à-dire les locomobiles non montées sur roues, ne sont jamais que des machines simples : nous n'avons, en ce qui les concerne, qu'à signaler l'habitude que l'on prend d'unir la machine à la chaudière, tant que la force de la vapeur ne dépasse pas une puissance de vingt chevaux.

Un grand nombre de machines locomobiles sont aujourd'hui à deux cylindres, bien que jusqu'ici on n'ait eu recours à ce genre de machines que pour de faibles puissances. L'emploi de deux cylindres permet de diminuer le poids des volants, et il est ainsi d'accord avec la destination spéciale de ces appareils. Sans compliquer beaucoup la construction, il nous semble que l'on pourrait avec profit généraliser, pour ces machines comme pour les autres, l'emploi des enveloppes de vapeur et les procédés de réchauffage de l'eau d'alimentation. C'est là, certainement, un bon conseil à donner aux constructeurs qui ne se sont pas encore occupés de ces détails.

Plusieurs des locomobiles exposées se trouvent agencées de manière à pouvoir se transporter elles-mêmes sur le terrain, non pas seulement pour déplacer leur propre masse, mais encore pour servir à la traction, sur les routes ordinaires, de charges plus ou moins lourdes, et pouvant aller jusqu'à vingt-cinq tonnes. L'apparition de ces machines de traction est peut-être ce qu'il y a le plus à remarquer dans le progrès général de l'industrie des machines à vapeur. Elles sont déjà employées en Angleterre pour le transport du combustible aux usines dépourvues de voies de fer. Ces machines-tender sont en général lourdes dans leurs mouvements, et l'un des meilleurs moyens de les diriger paraît être de les doter à l'avant d'une

cinquième roue en forme de disque, servant en quelque sorte de gouvernail mobile. Nous avons vu cependant, au concours général de Battersea, plusieurs de ces machines, montées simplement sur quatre roues, que leurs conducteurs faisaient évoluer facilement. Dans toutes les localités où l'on a de grandes charges à faire mouvoir, ces machines peuvent être utiles. Nous en avons vu fonctionner dans les rues de Londres, mais pendant la nuit seulement, dans la crainte d'effrayer les attelages de chevaux. Ces appareils de transport seront toujours grevés de frais considérables, à cause de la résistance d'un sol non préparé à leur genre de traction.

Les agencements mécaniques de la locomotive y sont en général très-rustiques, et disposés de telle façon, qu'arrivée sur un point déterminé, la machine sert au besoin de locomobile ordinaire.

Il y a cependant aussi à l'Exposition une voiture spéciale pour les routes ordinaires, qui doit marcher avec une plus grande vitesse, et qui rappelle le type de nos voitures de carrosserie ; mais jusqu'à présent ces véhicules sont plus curieux que réellement utiles.

CONCLUSION.

En résumé, l'Exposition de 1862 prouve qu'on a fait, des deux côtés du détroit, des efforts pour perfectionner la construction des machines à vapeur. En Angleterre, on s'est occupé principalement et très-largement des moyens qui peuvent produire une économie de combustible ; en France, le progrès a été moins sensible sous ce rapport, parce qu'il était en grande partie obtenu depuis longtemps. Il ne faut pas oublier, en effet, que les ingénieurs français ont été les premiers à en recommander l'adoption. Indépendamment des dispositions générales, on constate que les ateliers de construction sont dans un état d'avancement bien marqué : les moulages sont excellents, le travail du fer parfait, et les ma-

chines-outils, dans certains ateliers, arrivent à donner aux pièces jusqu'au dernier poli.

Le prix des machines françaises s'est beaucoup rapproché de celui des machines anglaises, par la meilleure organisation de l'outillage et du travail dans les ateliers ; il reste cependant à tenir compte de la différence du prix des matières premières dans chacun des deux pays. Elle n'est pas aussi grande qu'on le croit généralement ; en Angleterre, les fers et les tôles de bonne qualité ont presque la même valeur que les fers et les tôles similaires de la France. Ce qui plutôt empêcherait l'égalité du prix des machines construites, c'est notre réglementation actuelle, qui soumet les épaisseurs des tôles et les emplacements des chaudières à des épreuves et des conditions qui se traduisent par une augmentation non motivée dans la dépense.

SECTION II.

MACHINES EMPLOYÉES DANS LA NAVIGATION.

CHAPITRE PREMIER.

DE CES MACHINES EN GÉNÉRAL,

PAR M. MANGIN.

L'industrie relative à la construction des appareils moteurs de navigation n'est représentée à l'Exposition de Londres que par l'Angleterre, la France et la Suisse. Depuis que ceci a été écrit, une machine pour canonnière a été envoyée par la Suède. Mais, tandis que l'Angleterre compte de nombreux exposants, la France n'en compte que deux, et, en présence de la supériorité incontestable des machines anglaises exposées, tant au point de vue de la conception qu'au point de vue de l'exécution, on ne peut que regretter que trois établissements français de premier ordre, Indret, le Creuzot et l'usine Mazeline, n'aient point concouru.

§ 1er. — Machines anglaises.

Ce qui frappe surtout dans les machines anglaises exposées, c'est l'extrême simplicité du mécanisme, le petit nombre des pièces dont il se compose, leur forme simple; on voit au premier coup d'œil que le résultat cherché a été obtenu avec

la moindre dépense possible, et en réduisant au minimum les nécessités de la surveillance, et, partant, les chances d'avaries.

Quant à l'exécution, elle est en général irréprochable, et, ce qui est digne de remarque, dans certaines machines, et notamment dans celles de M. John Penn, il semble qu'il ait été fait à peine usage de la lime ; les pièces ont été mises en place telles que les ont livrées les machines-outils, et elles sont parfaites. Le même fini, la même netteté de travail ne se remarquent pas à beaucoup près sur les deux machines françaises exposées; on ne trouve pas non plus la même simplicité de formes dans les diverses pièces du mécanisme; or, pour que les machines-outils puissent exécuter le travail complétement, il faut que les pièces à façonner aient des formes géométriques simples.

On remarque aussi que les constructeurs anglais ne se préoccupent que médiocrement du poids de leurs machines, et qu'au contraire ils se préoccupent beaucoup de les rendre facilement accessibles, facilement visitables, facilement démontables. Nous aurons à ce point de vue, à signaler les avantages sérieux que présentent les quatre types qui nous ont paru l'emporter sur tous les autres.

Avant de comparer les résultats de l'Exposition actuelle à ceux des expositions précédentes, il convient de dire quels sont les principaux produits exposés, et de faire ressortir les mérites et les inconvénients de chacun d'eux. Le nombre en est d'ailleurs très-limité.

Les exposants anglais sont : MM. G. Rennie, de Londres; Caird et Ce, de Greenock ; T.-W. Cowan, de Greenwich; Laird, de Birkenhead; J. Key, de Kirkealdy; Tod et Mac Gregor, de Glasgow; Morison, de Newcastle; Richardson, de Hartlepool; Ravenhill et Salkeld, de Londres; Humphreys et Tennant, de Deptford; John Penn, de Greenwich, et Maudslay, de Londres.

MM. R. Napier, de Glasgow; Randolph, de Glasgow, et Inglis, de Glasgow, n'ont exposé que des dessins.

Les deux exposants français sont : la Société nouvelle des forges et chantiers de la Méditerranée, et M. Nillus, du Havre.

MM. Escher, Wyss et Cᵉ, de Zurich, représentent la Suisse à l'Exposition.

MM. G. Rennie et fils, de Londres, ont exposé une machine de 200 chevaux nominaux destinée au navire de la marine britannique le *Reindeer*. Les cylindres sont horizontaux et à fourreau simple (c'est-à-dire que le fourreau n'existe que du côté de la grande bielle). Ils ne sont pas situés côte à côte du même bord, mais ils sont, avec les condenseurs, disposés en échiquier. Chaque cylindre a, en face de lui, le condenseur du cylindre opposé et en conduit la pompe à air, dont le piston est à fourreau et à simple effet. Les paliers, avec ce système, ne peuvent être dégagés comme dans la machine de M. J. Penn. Ils sont encastrés dans les bâtis, et le serrage des coussinets exige l'emploi de clavettes verticales. Les tiroirs, qui sont pourvus de compensateurs, sont placés sur les cylindres, et leur fonctionnement exige un mécanisme assez compliqué.

En somme, cette machine, bien que d'une belle exécution, laisse à désirer sur plus d'un point, et nous paraît radicalement vicieuse, en ce que le pied de la grande bielle est attaché sur un piston non suspendu, disposition qui tend à détruire l'étanchéité du presse-étoupe du cylindre, à faire travailler le fourreau obliquement dans ce presse-étoupe, et à faire porter au cylindre les efforts de la grande bielle.

Machine de MM. Caird et Cᵉ, de Greenock.— Le beau modèle de machine marine exposé dans la classe XII par MM. Caird et Cᵉ, de Greenock, est beaucoup plus satisfaisant. MM. Caird ont adopté les pistons à double tige avec bielle renversée, et, comme la plupart de leurs confrères, du reste, ils n'ont pas craint de mettre leur machine à l'aise et de donner de larges proportions à la course et à la grande bielle.

Les deux cylindres sont du même bord et fortement assujettis l'un avec l'autre. De l'autre bord sont les condenseurs, percés d'une sorte de tunnel pour le logement des guides des tiges de pistons, disposition analogue à celles des machines de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée. Les tiroirs sont verticaux et placés sur le côté, à l'avant et à l'arrière des cylindres. Les boîtes, qui renferment le tiroir de régulation fixe et un tiroir spécial de détente variable, sont très-volumineuses. Le premier tiroir est mû par une coulisse de Stephenson, sur laquelle sont articulées les bielles d'excentrique. Le second est mené aussi par un arc mobile sur lequel est articulé un excentrique à clavetage fixe; en relevant ou en abaissant cet arc très-ingénieusement et simplement disposé, on modifie le degré d'introduction.

La machine de MM. Caird est d'un fort bel aspect; c'est l'œuvre de constructeurs habiles et expérimentés: tout y est large, aisé, robuste; mais on peut critiquer la grande surface horizontale qu'elle occupe, et la disposition qui consiste à cacher le pied de la grande bielle et ses guides dans le condenseur.

Machine de M. Cowan, de Greenwich. — La machine de M. Cowan, de Greenwich, est exposée parmi les moteurs fixes. C'est une machine à haute pression, à fourreau, mais l'auteur s'est proposé de soustraire le fourreau à l'action refroidissante de l'atmosphère, et de le maintenir des deux côtés immergé dans la vapeur. Il y est parvenu au moyen d'une disposition très-compliquée, et nous ne citons ici cette machine que pour mémoire, et parce que le constructeur prétend appliquer le même système aux machines de navigation.

Machine de M. Laird, de Birkenhead. — M. Laird a exposé une machine de 80 chevaux, à deux cylindres horizontaux, semblable à celles qui sont placées sur les deux navires de la marine britannique, le *Jaseur* et le *Newport*. Cette machine est du type à bielle directe, c'est-à-dire articulée

sur la tige même du piston. Ce type sera décrit plus en détail lorsqu'il s'agira de la machine de M. Humphreys. Pour pouvoir donner un peu de longueur à sa bielle, M. Laird a dû faire sa machine assez large. Chaque pompe à air est menée directement par une tige appartenant au grand piston de la machine. La main-d'œuvre de cette machine est très-soignée et on y remarque un grand luxe de bronzes; mais on peut lui reprocher une trop grande légèreté de bâti et la complication du système de détente. En somme, c'est un type élégant, mais qui n'est pas à classer en première ligne, et qu'il ne conviendrait pas d'adopter sans modifications pour les très-grandes puissances.

Machine de M. J. Key, de Kirkcaldy. — M. Key, de Kirkcaldy, a exposé une machine pour bâtiment à hélice de la force de 80 chevaux, et qui a une très-grande ressemblance avec celle de M. Laird. La bielle est articulée sur la tête de la tige de piston. La pompe à air est menée par une tige appartenant au piston du cylindre à vapeur; les pompes alimentaires et de cale sont menées par un bras appartenant à la tête de la tige du piston à vapeur. Il n'y a pas d'appareil de détente variable. Cette machine est jolie, mais un peu large, et les bâtis ne paraissent pas suffisamment attachés aux cylindres. C'est, en somme, un appareil de deuxième ordre, et qui ne pourrait être avantageusement reproduit pour les grandes puissances.

Machine de MM. Tod et Mac Gregor, de Glasgow. —MM. Tod et Mac Gregor ont exposé une machine du système dit à pilon (*inverted cylinder*), avec condenseurs à surface. La forme de ces machines est bien connue. Ce qui distingue celle de MM. Tod et Mac Gregor, c'est la disposition du condenseur, qui est fort ingénieuse et très-satisfaisante.

Cet organe remplace en partie le bâti d'un bord. La vapeur à condenser circule e› descendant au travers d'un

faisceau de tubes horizontaux de très-petit diamètre (environ 15 m/m intérieurement); l'eau froide est refoulée dans l'intérieur de ces tubes et circule en sens contraire de la vapeur. Il y a deux pompes en relation avec ce condenseur : l'une refoule l'eau froide, l'autre aspire l'air et la vapeur condensée. Les tubes sont engagés à chaque extrémité au travers d'une plaque de caoutchouc mince (3 m/m), appliquée sur la plaque de tête, et la pression même de l'eau réfrigérante sert à maintenir l'étanchéité des joints. Ce condenseur à surface est très-bien entendu, et certainement un des mieux disposés qui aient été produits jusqu'ici : les tubes sont facilement accessibles, et peuvent être nettoyés au dedans et au dehors avec la plus grande facilité. On peut reprocher au condenseur de MM. Tod et Mac Gregor sa grande dimension verticale : c'est un inconvénient qui ne se fait pas sentir dans la machine exposée, cette machine étant elle-même très-élevée ; mais il deviendrait très-difficile d'en faire l'application à une machine à cylindres horizontaux. Néanmoins, le condenseur de MM. Tod et Mac Gregor mérite d'être signalé avec éloge. Quant au mécanisme moteur proprement dit, bien que de belle exécution, il est moins recommandable ; il comporte, pour les pompes, un système de transmission de mouvements défectueux et compliqué.

La machine à cylindres verticaux renversés (*inverted cylinder engine*) est en très-grande faveur dans la marine commerciale de la Grande-Bretagne, et cette faveur est justifiée par le peu d'encombrement qu'exige ce système, par la simplicité du mécanisme, la facile accessibilité de toutes les parties, et le bas prix auquel les constructeurs (les Écossais surtout) sont parvenus à le livrer.

Machine de MM. R. Morison et Cie, de Newcastle upon Tyne. — MM. Morison ont exposé une jolie machine marine, de 30 chevaux nominaux, à haute pression, grande

détente et condensation par surface, qui attire l'attention par la simplicité de son ensemble. Les cylindres sont verticaux, et renversés, comme dans la machine de MM. Tod et Mac Gregor, et sont complétement entourés de vapeur. Il y a un excentrique ordinaire à toc pour mener chaque tiroir, et un excentrique pour chaque tiroir de détente. Le changement de marche s'effectue au moyen d'un petit tiroir additionnel spécial. La condensation se fait par surface, et le condenseur forme, d'un bord, le bâti de la machine. Pour éviter un renvoi de mouvement, les deux pompes à air et à eau sont verticales et à simple effet, ce qui peut être fortement critiqué pour une machine destinée à battre un grand nombre de coups de piston par minute. On voit que, comme MM. Tod et Mac Gregor, en voulant éviter un écueil, le constructeur est tombé sur l'écueil opposé.

La plaque de fondation et les bâtis opposés au condenseur servent de réservoir à l'eau distillée; les pompes à air et alimentaires ne présentent rien de particulier. Les tubes du condenseur sont moins faciles à visiter et à nettoyer, et la disposition générale de cet organe est moins satisfaisante que dans la machine exposée par MM. Tod et Mac Gregor. La machine de M. Morison est disposée pour fonctionner habituellement avec une durée d'introduction de un sixième à un huitième, à la pression de 4 atmosphères effectives. Si le fonctionnement était satisfaisant, elle devrait réaliser, par rapport aux machines à moyenne pression ordinaires, une économie notable.

Machine de M. Richardson, de Hartlepool. — M. Richardson a exposé une très-petite machine marine, de dimensions assez réduites pour qu'on puisse la considérer comme un modèle. Elle est aussi du système à cylindre vertical renversé; mais elle se distingue par une assez grande complication de mécanisme. Le constructeur a employé deux tiges de piston et une bielle double là où il semble qu'une seule tige et une

bielle simple eussent parfaitement suffi. Il y a aussi un condenseur de forme compliquée, et qui ne semble pas suffisamment justifiée par les nécessités de la condensation par surface. Bien que l'exécution et le fonctionnement de ce petit modèle paraissent satisfaisants, il n'y a pas lieu de le recommander.

Nous arrivons maintenant aux quatre constructeurs qui nous paraissent s'élever le plus au-dessus des autres, et qui sont, à l'Exposition, les plus dignes représentants de la grande industrie dont l'Angleterre se glorifie à si juste titre.

Machines de MM. Ravenhill et Cᵉ, de Londres. — MM. Ravenhill, Salkeld et Cᵉ, les successeurs de la célèbre maison Miller et Ravenhill, nous paraissent s'être complétement relevés de la défaveur dans laquelle ils étaient tombés peu après la mort du regrettable M. Miller. Leurs débuts dans la construction des machines à hélice n'avaient pas été heureux. Leurs machines étaient compliquées et présentaient de graves défauts de conception. Celles qui sont exposées aujourd'hui au palais de Cromwell Road se font, au contraire, remarquer par leur simplicité et le bon agencement de toutes les parties.

MM. Ravenhill, Salkeld et Cᵉ ont exposé :

1° Un modèle de machines à roues avec pales articulées, représentant les deux machines de 720 chevaux nominaux, construites pour les paquebots-poste de Holyhead, le *Leinster* et le *Connaught*, lesquels sont les deux plus puissantes machines à cylindres oscillants existantes. Chaque cylindre a un diamètre de $2^{m},49$, et pèse, fini, plus de 20 tonnes; le poids du condenseur est de 22 tonnes.

Le *Connaught* passait pour le bâtiment le plus rapide qui existât. On affirme qu'il a atteint 18 nœuds, soit plus de 33 kilomètres à l'heure, et que la force réalisée sur les pistons, aux essais, s'est élevée au chiffre énorme de 4,751 chevaux de 75 kilogrammètres.

Le modèle exposé est parfaitement exécuté, et les machines

qu'il représente sont certainement des mieux entendues et des mieux proportionnées qu'on puisse voir. Elles ont d'ailleurs fait leurs preuves.

2° Un modèle de machine à cylindres horizontaux et à bielles renversées pour bâtiment à hélice, représentant le type des machines de 500 chevaux fournies par les constructeurs pour plusieurs vaisseaux de quatre-vingt-dix canons de la marine britannique.

Les exposants réclament le mérite de l'introduction des machines dites à bielle renversée dans la marine britannique. Ce sont en effet eux, croyons-nous, qui ont construit la machine de *l'Amphion*, sur des plans fournis, comme ceux de la machine de la frégate française *la Pomone*, par un ingénieur suédois ; mais le type s'est bien modifié depuis, et la machine exposée aujourd'hui par MM. Ravenhill, Salkeld et Ce diffère même sensiblement de celles que les mêmes constructeurs exécutaient il y a quelques années (en 1854 par exemple). Elle est beaucoup plus simple, plus accessible de toutes parts, et présente certainement une des meilleures dispositions qu'on puisse voir. Cette machine a la plus grande analogie, du reste, avec le type adopté par l'usine française du Creuzot, et n'en diffère guère que par quelques détails, et notamment par l'adoption de la coulisse de Stephenson pour donner le mouvement directement au tiroir.

La disposition adoptée par MM. Ravenhill, Salkeld et Ce pour ce détail est plus simple que celle du Creuzot, mais on regrette de ne voir représenté sur le modèle exposé aucun système de détente variable.

3° Un modèle de machines marines de même dimension et de même type que le précédent, mais disposé pour que la condensation puisse s'y opérer par surface. L'eau réfrigérante doit être mise en mouvement dans chaque condenseur par une pompe rotative; mais le modèle est très-incomplet, et semble ne représenter qu'un projet.

4° Un modèle de machines à cylindres oscillants et incli-

nés pour navires à hélice. Les deux cylindres sont placés en face l'un de l'autre, et agissent à 90 degrés environ l'un de l'autre sur une même manivelle. Ce type a reçu plusieurs applications, et peut convenir à des navires à formes aiguës dans les fonds. Cependant le choix du système oscillant pour ce cas particulier ne paraît pas justifié. En somme, l'exposition de MM. Ravenhill est remarquable, et on peut dire que ces constructeurs sont en possession de deux types de machines marines qui laissent bien peu à désirer.

Machine de MM. Humphreys et Tennant, de Deptford. — MM. Humphreys et Tennant, de Deptford, ont exposé une machine horizontale à hélice de la force nominale de 400 chevaux, qui se distingue par la simplicité du système, la solidité de toutes ses parties et la beauté de l'exécution. Le type adopté par ces constructeurs n'a pas varié depuis huit ans, et, comme leur établissement n'a pas cessé de progresser, il y a lieu de croire que l'amirauté anglaise et le public en général ont, jusqu'à présent, été satisfaits de ce genre de machines. La grande bielle y est articulée directement sur la tête de la tige du piston, et celle-ci est guidée par un patin glissant sur une large coulisse située sous la tige. Les condenseurs sont en face des cylindres, et les pompes à air sont menées par des tiges appartenant aux pistons moteurs. Il en est de même des pompes alimentaires qui sont horizontales, et placées à côté des condenseurs. Les cylindres sont reliés avec une plaque de fondation robuste avec laquelle sont venus de fonte les trois grands paliers. Les tiroirs sont verticaux et menés directement par bielles d'excentriques articulées sur un arc de Stephenson. Bien que le type n'ait pas varié, nous avons remarqué quelques heureuses modifications de détail, et il y a lieu de signaler l'appareil de changement de marche adopté actuellement par MM. Humphreys et Tennant comme le plus satisfaisant peut-être de ceux qui figurent à l'Exposition (machines marines).

La machine exposée par MM. Humphreys et Tennant est de la force nominale de 400 chevaux, et a réalisé, avec une pression de $10^k,896^m$ aux chaudières, une force de 1,834 chevaux mesurée sur les pistons. Le diamètre des cylindres est de $1^m,64$. La course du piston est de $0^m,812$. Le nombre de tours normal est de soixante et dix. La fsurace de chauffe des chaudières est assez considérable (19 pieds par cheval).

MM. Humphreys et Tennant ne se départissent pas du rapport de la course au diamètre ci-dessus, et, bien que la bielle soit attelée directement sur la tige de piston, ils peuvent lui donner une longueur de trois fois et demie la manivelle. En somme, le type de MM. Humphreys et Tennant présente de grands avantages : tout y est simple; toutes les pièces y sont robustes et parfaitement accessibles. On peut lui reprocher la disposition du conduit d'émission qui tend à refroidir les cylindres, et d'assez grandes dimensions dans le sens transversal du navire. Mais ce dernier défaut n'est que relatif. Il ne paraît pas que MM. Humphreys et Tennant aient appliqué leur système de machines marines à des forces supérieures à 500 chevaux. Les mêmes constructeurs ont exposé le modèle d'une machine marine, dans laquelle ils ont appliqué le double cylindre de Woolf. Cette machine a été reproduite sur les trois navires de la Compagnie Péninsulaire et Orientale, le *Mooltan*, le *Mysore* et le *Rangoon*, et il paraît que de beaux résultats économiques ont été obtenus. Malheureusement, le modèle ne permet pas de juger la disposition du mécanisme.

Machines de M. John Penn. — M. John Penn, de Greenwich, a exposé : 1° une machine de 600 chevaux pour le gouvernement espagnol; 2° le cylindre, le couvercle de cylindre, la grande bielle et l'arbre coudé de la machine de 1,250 chevaux du bâtiment cuirassé l'*Achilles;* 3° un arc de Stephenson, comme échantillon du travail de ses machines-outils; 4° un cylindre oscillant brut de fonte; 5° un modèle de machine à cylindres oscillants et à roues.

Ce constructeur a peu modifié le type de machines à fourreau double qu'il a adopté depuis plus de dix ans, et qu'il exécute d'ailleurs avec une rare perfection. Les modifications ne portent que sur des détails : le guide du tiroir est actuellement réduit à sa plus simple expression; le mécanisme de détente variable se compose d'un système de galets actionnés par des cames et rappelés par un piston à vapeur; l'orgaue de détente est toujours un papillon. M. Penn a conservé les tiroirs à doubles orifices qui n'ont qu'une course moitié de celle des tiroirs ordinaires. Dans cette machine, tout est admirablement simple et admirablement exécuté; le nombre énorme de machines construites sur le même type a permis d'ailleurs à M. Penn d'arriver, par une suite d'améliorations successives, à la perfection du genre. Néanmoins, l'admiration qu'excitent une aussi belle exécution et des proportions si heureusement combinées, ne doit pas faire fermer les yeux sur les défauts inhérents au système.

Les machines de M. Penn, du type à fourreau, ne sauraient être économiques; les surfaces refroidissantes du cylindre et du fourreau et celles du tiroir qu'à son entrée et à sa sortie la vapeur baigne tour à tour de tous côtés, sont en quelque sorte au maximum, et il n'y a aucune autre précaution prise pour en atténuer l'effet, qu'une portion d'enveloppe en bois sur les cylindres. On conçoit, en réfléchissant sur l'effet qui doit en résulter, que M. Penn n'attache qu'une très-médiocre importance à la détente variable; car, avec de semblables causes de refroidissement, la détente ne peut être économique. Nous n'avons pas de renseignements précis sur la consommation du *Warrior* (dont la machine est semblable à celle de l'*Achilles*, en partie exposée); mais, comme on affecte de n'en pas parler, il y a lieu de la croire considérable. Par ces considérations, le type de M. Penn, malgré ses avantages incontestables, ne peut être recommandé dans un pays où la houille est à un prix élevé, et il ne peut être considéré comme le meilleur pour les navires de guerre, dont la

puissance est nécessairement en rapport avec le nombre de journées de marche qui peuvent être accomplies avec un approvisionnement donné de combustible.

Il y a lieu de signaler particulièrement la beauté des pièces de fonte qui entrent dans les machines exposées par M. Penn.

MM. Maudslay fils et Field, de Londres, ont exposé une machine marine de trois cents chevaux nominaux pour la frégate *le Vaillant*, et de nombreux modèles, parmi lesquels nous citerons : 1° un modèle de machine à cylindres annulaires pour bâtiments à hélice; 2° un modèle de machine à roues, à cylindres oscillants; 3° le modèle de la machine à trois cylindres et à condenseurs à surface de la frégate l'*Ottavia;* 4° le modèle des machines construites pour un certain nombre de corvettes et de petits navires à hélice; 5° le modèle de la machine de 1,350 chevaux, en construction pour le navire cuirassé *l'Agincourt*. Les mêmes constructeurs ont aussi exposé le joug et le coulisseau des tiges de piston d'un cylindre, et une grande bielle de la machine de ce dernier bâtiment.

On ne peut dire de MM. Maudslay, comme de MM. Penn et Humphreys, qu'ils ont conservé le type qu'ils ont exécuté depuis dix ans. La machine du *Vaillant* est probablement le dernier représentant de ce type, et il y a lieu de féliciter MM. Maudslay de l'avoir abandonné. Ce n'est pas que cette grande machine ne se recommande par sa belle exécution, par la solidité de ses organes et l'accessibilité de la plupart des pièces qui la composent; mais elle pèche par défaut de simplicité, et par certaines dispositions qui n'offrent pas toutes les garanties désirables quant à la durée du bon fonctionnement. Dans le modèle pour corvettes et petits navires, et dans celui de la machine de 1,350 chevaux en construction pour *l'Agincourt*, tous ces défauts ont disparu, et MM. Maudslay sont arrivés à un type que nous osons signaler comme un des meilleurs qui aient été produits.

On voit, par ces modèles, que MM. Maudslay ont abandonné les doubles tiroirs en toit qui surmontaient leurs cylindres, pour en revenir aux tiroirs verticaux placés sur le côté et adoptés par tous leurs confrères.

Ils ont ainsi considérablement simplifié le mécanisme en supprimant tous les renvois de mouvement qui encombraient leur ancien type; les tiroirs sont maintenant conduits directement comme dans les machines de MM. Penn, Humphreys et Ravenhill. Il n'y a, pour chaque cylindre, qu'une seule boîte à tiroirs; mais le tiroir lui-même, pour la grande machine de *l'Agincourt*, est divisé en deux, afin d'éviter les voilements par dilatation et les difficultés d'exécution.

Il ne semble pas y avoir de compensateurs. Les guides des deux tiges de piston de chaque cylindre ont été modifiés. MM. Maudslay ont adopté une coulisse qui tient le milieu entre celle de MM. Humphreys et celle de MM. Mazeline, du Havre. Le joug des tiges, qui fait soye du pied de la grande bielle, porte un patin engagé dans cette coulisse.

Cette disposition a beaucoup contribué à dégager la machine. Enfin, MM. Maudslay ont séparé les condenseurs du groupe des cylindres, avec lesquels ils ne communiquent plus que par les tuyaux d'émission, auxquels ils sont joints par des presse-étoupes, mode de jonction sûr, et qu'il est facile de tenir en bon état.

Dans le type pour petits bâtiments, les condenseurs et des bâches sont réunis en un seul groupe, entre les guides des tiges de pistons des deux cylindres. L'avant et l'arrière de la machine sont ainsi dégagés, et on tourne autour des pièces mobiles, qui sont toutes parfaitement accessibles.

Dans le type de *l'Agincourt*, cette disposition n'a pas été adoptée parce qu'elle eût empêché, à cause des dimensions qu'acquièrent les divers organes, d'embrasser d'un seul coup d'œil l'ensemble de la machine. Les condenseurs sont séparés et placés (chacun avec sa pompe et sa bâche) en dehors des tiges motrices. De cette façon, c'est le milieu de la machine

qui est complétement dégagé, et, de la plate-forme qui y est établie, le mécanicien peut tout voir et tout atteindre. Cette disposition a aussi l'avantage de rendre les conduits d'émission plus directs, et de les écarter des cylindres qu'ils refroidissent.

Dans toutes ces machines, les cylindres sont pourvus d'enveloppes de vapeur, et les couvercles des cylindres (qui ont, dans les machines à grands diamètres et petites courses, une importance considérable comme surface) sont doubles et pleins de vapeur. C'est une cause de dépense de plus pour le constructeur; mais c'est un avantage considérable pour le consommateur, car cette addition rend fructueux l'emploi de la détente, qui devient alors une source de notables économies de combustible.

Le mécanisme de détente variable adopté par MM. Maudslay ne mérite pas, à notre avis, les mêmes éloges que ces nouveaux types; il comporte une série d'engrenages qui obstruent les passages, choquent la vue et l'ouïe, et dont leurs machines gagneraient beaucoup à être débarrassées. Il nous semble qu'il serait facile d'imaginer quelque chose de beaucoup plus simple pour atteindre le même but.

La machine de la frégate l'*Ottavia* est, à en juger par le modèle exposé, une jolie machine, d'un dessin fort élégant. Les trois cylindres sont du même bord et juxtaposés, les tiroirs sont doubles et disposés en toit au-dessus de chaque cylindre. Ils sont menés tous les six par un arbre à manivelles qui reçoit son mouvement de l'arbre principal par l'intermédiaire d'un engrenage. Les deux condenseurs à surface sont placés, de l'autre bord, en face des cylindres extrêmes, de sorte que le milieu de la machine est parfaitement dégagé. L'ensemble de cet appareil est, au premier abord, un peu compliqué; mais il devient simple, si on le compare à la plupart des autres machines marines dans lesquelles on a cherché à faire application d'une grande détente et de la condensation par surface.

En somme, l'exposition de MM. Maudslay est extrêmement

remarquable. Elle constate un grand progrès accompli par ces constructeurs, et présente des types nouveaux préférables à plusieurs points de vue aux types produits jusqu'ici. On voit que ces constructeurs ont cherché, non-seulement à produire une machine qui satisfasse à toutes les conditions désirables de solidité, de simplicité, de bon fonctionnement, de facile entretien, mais encore qu'ils se sont préoccupés (chose rare chez les constructeurs de l'amirauté) du côté économique de la question, et des moyens de réduire les énormes consommations de combustible de ces grands moteurs.

MM. R. Napier et fils n'ont exposé que des dessins qui reproduisent le type suivi, sans modifications, depuis dix ans, par ces constructeurs pour les machines à hélice à action directe, type inférieur aux quatre qui viennent d'être décrits. On sait que dans ce type, la bielle, qui est renversée, est articulée au fond du plongeur de la pompe à air, et que c'est ce plongeur qui supporte par conséquent tous les efforts obliques de la grande bielle. MM. R. Napier ont adopté de très-ingénieuses dispositions pour neutraliser, autant que possible, les inconvénients de ce système; mais nous doutons qu'ils y soient parvenus d'une manière complète.

En citant MM. R. Napier et fils, nous ne pouvons omettre de mentionner les machines du *Persia* (représentées seulement sur un dessin à échelle très-réduite) comme un des plus magnifiques appareils de navigation qui aient été construits. Ces grandes machines, qui ont les premières fait traverser l'océan Atlantique en neuf jours, ont aujourd'hui fait leurs preuves et agrandi la réputation de leurs constructeurs. Elles font partie d'une œuvre qui restera historique, car en racontant les progrès de la civilisation, l'histoire devra enregistrer tous les grands faits qui auront marqué un succès dans les efforts tentés pour rapprocher les deux mondes.

MM. Randolph et Cᵉ, de Glasgow, n'ont aussi exposé que des plans; les machines de ces constructeurs ont obtenu de

grands succès économiques par l'application du système de Woolf et de la vapeur surchauffée, mais on ne peut encore dire qu'elles soient arrivées à un état définitif. Elles présentent, d'ailleurs, de bien grandes complications. Les plans exposés représentent les machines de la frégate anglaise *la Constance,* qui se composent de six cylindres renversés et inclinés à 45 degrés environ sur l'horizon, trois de chaque bord. Le cylindre du milieu remplit les fonctions du petit cylindre dans la machine de Woolf, et les deux cylindres extrêmes remplissent celles du grand cylindre. Les trois cylindres d'un même bord fonctionnent simultanément. Les tiges des pistons portent les bielles qui agissent directement sur l'arbre de l'hélice. Les pompes à air sont placées sous les cylindres et paraissent inaccessibles. Il nous semble qu'il n'y a pas d'économie de combustible qui puisse compenser les inconvénients d'une semblable complication de mécanisme, et cela pour les bâtiments de guerre, comme pour les bâtiments de commerce; car la première condition n'est pas de marcher économiquement, mais de marcher, et, avec des appareils comme celui de *la Constance,* les chances d'avaries sont nécessairement nombreuses, quelle que puisse être, d'ailleurs, l'excellence de l'exécution. Néanmoins, il faut louer MM. Randolph et C[e] des efforts persévérants qu'ils font pour arriver à rendre les machines marines aussi économiques que les machines fixes, par l'emploi d'une pression élevée, de la vapeur surchauffée et d'une grande détente.

Le problème qu'ils ont entrepris de résoudre présente de grandes difficultés, mais qui ne sont peut-être pas au-dessus de leur mérite.

§ 2. — Machines françaises.

La France, avons-nous dit, n'est représentée que par la Société des forges et chantiers de la Méditerranée et par l'usine Nillus.

La première usine a exposé une machine de 400 chevaux, du type qu'elle a adopté depuis huit ans pour plusieurs des bâtiments à hélice de la Compagnie des Messageries Impériales, et pour les bâtiments de la marine impériale et de plusieurs marines étrangères. Cette machine, qui est complète, est mise en mouvement au moyen du vireur sur lequel on a attelé une petite machine fixe. Elle se fait remarquer par le peu de place qu'elle occupe en surface horizontale, et par plus d'une bonne disposition de détail. Mais l'exécution en est, en apparence, moins soignée que celle des machines anglaises, et le dessin en est plus compliqué. Il s'en faut aussi que toutes ses parties soient facilement accessibles et démontables, comme dans les machines de MM. Penn, Ravenhill, Humphreys et Maudslay. Nous savons que le luxe d'exécution étalé par les machines anglaises, le fini du tuyautage, le poli de toutes les pièces de fer et de bronze ne sont pas indispensables au bon fonctionnement de la machine ; mais il est à regretter que ces détails aient été considérés comme secondaires par les constructeurs de la machine des Forges et Chantiers de la Méditerranée. Pour l'agencement des organes principaux, on pourrait, par comparaison, reprocher à cette même machine : la hauteur des condenseurs et leur forme, qui cache à la vue le jeu des guides des tiges de piston; la disposition des tiroirs, qui fait que les cylindres sont surmontés d'un ensemble de pièces d'une hauteur à bien peu près égale au diamètre des cylindres mêmes, et celle du mécanisme qui mène les tiroirs, système compliqué et bruyant. Il n'est pas indifférent qu'une machine marine à action horizontale soit basse ou occupe beaucoup de hauteur, et l'on voit que les constructeurs anglais se sont tous attachés à faire leurs machines aussi basses que possible. MM. Maudslay, par exemple, viennent de diminuer notablement la hauteur de leur type. Cela n'est pas sans raison : avec les grandes vitesses de régime que l'on impose actuellement aux machines marines, il se produit, par la mise en

jeu des forces vives et les déplacements alternatifs du centre de gravité, des vibrations transversales au navire, qui ont d'autant plus d'intensité que le centre de gravité de la machine est plus élevé au-dessus des carlingues, et, sur certaines grandes machines, les oscillations du système d'un bord à l'autre atteignent une amplitude notable. Or, il est évident qu'une machine du type Humphreys sera, sous ce rapport, susceptible de fonctionner normalement à une plus grande vitesse qu'une machine de même force pareille à celle des Forges et Chantiers.

D'autres exigences, et notamment de la nécessité de donner à la charpente qui reçoit les machines des dimensions qui assurent la rigidité des fonds, il résulte qu'il y a intérêt à ne pas faire les machines aussi hautes que les font plusieurs de nos constructeurs français, et nous pensons que, sous ce rapport, les constructeurs anglais ont fait preuve d'un véritable sens pratique.

En somme, malgré tout le bien qu'il y a à dire de la machine dont il s'agit, tant au point de vue de certaines dispositions de détail qu'au point de vue du fonctionnement satisfaisant des autres machines du même type, nous pensons que les constructeurs auraient à gagner à s'inspirer des dispositions suivies par les quatre constructeurs anglais que nous avons cités plus haut.

La machine de M. Nillus est une imitation des machines de MM. R. Napier et fils, de Glasgow; mais, en reproduisant le type de ces constructeurs, M. Nillus l'a modifié d'une manière fâcheuse en supprimant le guide du fond de la pompe à air, guide bien essentiel cependant, puisque c'est le corps de pompe qui porte la grande bielle du cylindre et en supporte tous les efforts. La main-d'œuvre de cette machine paraît soignée, mais le dessin n'en est pas suffisamment simple.

§ 3. — Machines suisses.

La machine de MM. Escher, Wyss et Cie, de Zurich, n'est pas une machine marine, c'est une machine de bateau pour la navigation sur les fleuves et les lacs. Destinée à fonctionner avec de l'eau douce, elle a été faite à haute pression, et les constructeurs y ont fait l'application du système de Woolf. Il y a deux petits cylindres à haute pression et deux cylindres de détente. Chaque cylindre à haute pression est attelé, avec le cylindre de détente correspondant, sur un balancier, et la grande bielle est articulée sur ce balancier entre les attelages des deux cylindres. Le système est incliné, à cause du peu de creux du bâtiment. Il y a un condenseur et une pompe à air verticale; celle-ci est menée par une petite machine auxiliaire, qui conduit aussi des pompes alimentaires supplémentaires. Les roues sont à pales articulées. L'ensemble de la machine paraît au premier abord un peu compliqué; mais on ne tarde pas à s'apercevoir que le problème comporterait difficilement une solution plus simple. On y remarque des dispositions de détail ingénieuses, et l'exécution en est tout à fait comparable à celle des machines anglaises. On pourrait critiquer cependant la position du tiroir, qui doit avoir pour résultat l'accroissement des espaces morts du petit cylindre. Du reste, l'usine de Zurich n'en est pas à ses débuts : elle a déjà livré au commerce de nombreuses machines de bateaux pour lacs et rivières, et quelques belles machines marines, et elle a tenu à honneur de justifier une fois de plus sa bonne réputation.

Depuis que ce rapport a été écrit, une nouvelle machine marine, envoyée par M. Frestadius, de Stockholm, a été placée dans l'annexe de l'ouest.

Cette machine, destinée, sans doute, à une canonnière, est à un seul cylindre, et présente quelques singularités dont nous n'avons pu découvrir les avantages. La connexion

du piston moteur avec la manivelle de l'arbre, est faite au moyen d'une bielle renversée ; mais les deux tiges du piston, qui sont situées dans un même plan horizontal avec l'axe du cylindre, passent toutes les deux au-dessus de l'arbre coudé, de sorte que l'axe de cet arbre est en contre-bas de l'axe du cylindre. Cette disposition, qui ne semble justifiée par aucune exigence d'emplacement, a pour effet de changer le sens de la composante verticale de l'effort du pied de la bielle à chaque passage aux points morts; il doit en résulter des chocs dans les glissières, dès que celles-ci prennent un peu de jeu. Le cylindre est placé sur deux sortes de earlingues creuses, en fonte, transversales au navire, qui portent les paliers de l'arbre de couche et servent de condenseur; la pompe à air surmonte ce condenseur. C'est là une disposition qui ne peut être favorable au vide.

Enfin, on remarque que l'abaissement de l'arbre a forcé le constructeur à placer la tige du tiroir en contre-bas du centre de cet organe, ce qui doit donner lieu à des efforts de renversement que l'on cherche habituellement à éviter. La mise en train est ingénieuse, mais compliquée.

Il y a, néanmoins, quelques détails bien entendus dans cette petite machine qui paraît convenablement exécutée; mais le constructeur eût peut-être mieux fait de suivre les sentiers battus, que de chercher à se distinguer par des dispositions excentriques.

CONCLUSION.

Ici se termine l'énumération des machines exposées; il nous reste à dire quelques mots des progrès accomplis depuis 1855, des tendances actuelles de l'industrie des machines de navigation, et à faire connaître notre opinion sur le but vers lequel doivent tendre les efforts des constructeurs français.

Les progrès accomplis depuis 1855 ne sauraient être con-

sidérables. Dans une industrie qui a pour objet la création d'engins d'une aussi grande valeur que les machines marines, il est sage de ne procéder qu'avec lenteur. Aussi remarquons-nous qu'en France les types principaux ont fort peu varié depuis sept ans. Il en est de même en Angleterre, sauf en ce qui concerne un petit nombre de constructeurs, qui sont arrivés récemment à des modèles très-préférables à ceux qu'ils suivaient depuis plusieurs années. Les progrès ont tous été accomplis dans la voie de la simplification des mécanismes et de la facile accessibilité des diverses parties. En même temps, on remarque que les constructeurs anglais se sont moins préoccupés de resserrer leurs machines dans des espaces restreints, et qu'ils ont laissé de côté la question de poids, devenue secondaire sur les grands navires de guerre, qui, pour la plupart, doivent conserver une certaine quantité de lest. Leurs machines y ont beaucoup gagné en apparence de solidité et en commodité de service. On peut aussi signaler comme caractère général des appareils moteurs destinés aux navires de guerre, le peu de hauteur donné aux machines, et leur large assiette sur leurs fondations en charpente, conditions avantageuses quand les machines (comme celles de MM. Penn, Maudslay, Ravenhill, Humphreys) sont disposées de manière à ce que le fonctionnement du mécanisme ne soit point compromis par une légère flexion des fonds du navire. Nous avons dit que les machines de M. Penn ne sauraient être économiques; néanmoins, elles sont en très-grande faveur dans la marine britannique. Cela tient à l'admirable exécution de ces machines, à leur extrême simplicité, à leur disposition, qui permet une grande accélération de vitesse de régime, au petit nombre des pièces dont elles se composent, au petit nombre des articulations; toutes conditions qui font qu'elles fonctionnent parfaitement du premier coup, sont propres à un service immédiat, et reviennent de longues campagnes sans avaries et sans avoir chômé pour cause de réparations.

Un autre caractère général des machines anglaises admises à l'Exposition, c'est la simplicité des mécanismes de changements de marche. Pour toutes les machines horizontales à hélice, les constructeurs anglais ont adopté l'arc de Stephenson, menant directement le tiroir. Il n'y a que les anciens appareils (celui du *Vaillant*, par exemple) de MM. Maudslay fils et Field, qui fassent exception ; encore le mouvement de renvoi de la coulisse au tiroir est-il simple.

Tous les appareils exposés ne portent pas de mécanismes de détente; il y a en effet des machines pour lesquelles ces mécanismes sont tout à fait inutiles; celles, par exemple, des paquebots-poste, qui font un service rapide entre deux points peu éloignés; mais, pour les machines de longue navigation, il semble qu'on ne doive pas les supprimer, et, dès lors, il importe de choisir un système efficace, sûr et simple. Celui qui a été appliqué à la machine de 400 chevaux de la Société des forges et chantiers, est dans de bonnes conditions; il en est de même de celui qu'a adopté M. Caird, qui se manœuvre sans qu'il y ait nécessité de stopper; ceux de MM. Maudslay présentent des complications qui ne nous ont paru compensées par aucun avantage particulier. Enfin, nous devons signaler une tendance prononcée, surtout en Écosse, à l'emploi d'une pression élevée, de vapeur surchauffée, d'une grande détente et des condenseurs à surface.

Les succès économiques obtenus par MM. Randolph, Elder et Cᵉ, Rowan, Inglis, etc., ont ému les autres constructeurs, et il en est peu qui n'aient tenté, dans ces dernières années, de construire des machines à faible consommation de combustible. Nous avons cité les plans de MM. Randolph, et, parmi les machines exposées, celles de MM. Tod et Mac Gregor, Morison, Richardson, Humphreys, Maudslay et Ravenhill. Dans toutes ces machines, les avantages économiques cherchés et plus ou moins réalisés ont été obtenus au prix d'une complication quelquefois fort considérable. L'expérience n'a pas encore fait connaître si cette économie n'est point payée

trop cher par une diminution dans la sécurité des appareils et dans la régularité de leur service. Il est donc à souhaiter que les essais se multiplient, car le but à atteindre est certainement d'un très-grand prix.

En France, le gouvernement a pris l'initiative des essais, comme cela arrive presque toujours, et la marine impériale compte en ce moment trois bâtiments sur lesquels il a été fait application de diverses solutions du problème; mais il serait à désirer que les constructeurs industriels, à l'exemple de leurs confrères anglais et suisses, se livrassent aux mêmes études. Ce n'est, certes, ni le savoir ni le mérite qui leur manque.

CHAPITRE II.

MACHINES DE LA MARINE MILITAIRE,

PAR M. LE CONTRE-AMIRAL PARIS.

§ 1er. — Machines anglaises.

Parmi les machines de toute sorte que renferme l'Annexe, celles qui sont destinées à la propulsion des navires étonnent par leur grandeur et par la grosseur des pièces qui les composent; elles donnent ainsi une idée de l'énormité des forces employées maintenant pour faire marcher les vaisseaux, et font comprendre que c'est sur mer que la vapeur se montre avec le plus de puissance pour entraîner les masses les plus lourdes, et leur faire vaincre les obstacles du vent, des eaux et même des tempêtes.

Les plus remarquables de ces machines sont celles de MM. John Penn, de MM. Maudslay et Field, et de MM. Humphreys et Tennant. Les premières sont à fourreau, type que leurs constructeurs n'ont jamais abandonné, et qui, constam-

ment perfectionné, se trouve être le plus employé par l'amirauté anglaise, et depuis peu par quelques paquebots. Sa disposition est trop connue pour qu'il soit utile d'en parler, et il suffit de mentionner quelques détails. Ainsi, la garniture du fourreau, qui est la partie importante de ce système, est faite avec des boudins formés au centre d'un caoutchouc carré de $0^m,008$ de côté, lequel est entouré de toile enduite de céruse et de suif, jusqu'à un diamètre de $0^m,015$ à $0^m,020$. Ces boudins, rangés dans le presse-étoupe, résistent seuls aux poussées obliques de la bielle, ainsi qu'au poids du piston et de son fourreau. Dans aucune des machines de cette sorte on ne voit de traces de garniture métallique pour résister aux efforts de la bielle, comme on l'a fait en France.

Les machines destinées au navire blindé l'*Achilles* sont de 1,250 chevaux nominaux; elles ont pour chaque cylindre $1^m,220$ de course, $2^m,845$ de diamètre de cylindre, $0^m,198$ de fourreau, ce qui donne $2^m,647$ de diamètre effectif. L'arbre à manivelles a $0^m,482$ de diamètre, et celui de l'hélice $0^m,432$. C'est la première fois que je vois un arbre à manivelles plus fort que celui du propulseur; chez nous il y a égalité de diamètre malgré la grande différence de travail, et l'examen des machines et de leurs nombreuses avaries m'a fait demander depuis longtemps ce petit surcroît de poids pour obtenir une sécurité qui manque à la plupart de nos machines, et qui devrait être poussée plus loin, afin de garantir un service prolongé. Tous les coussinets sont garnis de métal doux de Kingston (antifriction), qu'on dit préférable à celui qu'on employait antérieurement. Ce métal est entouré par $0^m,015$ du bronze du coussinet, qui l'effleure de toutes parts. Les tiroirs sont appliqués verticalement sur le côté des cylindres; ils ont deux longs orifices, divisés par une cloison, et leur frottement est diminué par un compensateur; ils sont menés par le double excentrique et la coulisse de Stephenson, dont la disposition et la manœuvre sont aussi simples que solides. Cette fois, le célèbre constructeur

de machines à fourreau et à cylindres oscillants a employé une détente variable; elle a pour fermeture un papillon fortifié par des nervures, qui ouvre ou ferme alternativement le tuyau de vapeur par les renvois d'un jeu de cames placées sur l'arbre, comme dans nos anciennes machines à balancier, et dont le galet est ramené en contact de ses cames par un petit piston suceur. Tout ce mécanisme est très-léger; j'ignore s'il a déjà fonctionné. Une autre addition est celle d'un petit tiroir placé sur le haut du cylindre, et communiquant avec la vapeur et le vide pour mettre la machine en marche, sans qu'elle s'emporte avec trop de vitesse, comme on l'éprouve d'habitude avec l'hélice. Quant au condenseur et à la pompe à air, ils n'ont subi aucune modification, et le peu de détails donnés sur ces machines est leur plus bel éloge. Elles sont si simples qu'il n'y a pas lieu de couvrir des pages de descriptions; il suffit de se borner à exprimer son admiration pour la perfection du travail.

Tout en suivant une voie différente, M. Maudslay a aussi fait des machines à hélice de 3,000 à 4,000 chevaux, avec des dispositions simples, accessibles, et qui, chose remarquable, ont été les premières qui aient été employées pour mouvoir l'hélice sans engrenages, sur *l'Amphion* et sur *la Pomone*, en 1843. L'exposition de MM. Maudslay et Field offre plus de variété que celle des autres fabricants; elle montre une série de modèles, depuis les machines à double cylindre, à piston annulaire et à cylindres oscillants, jusqu'à celles à bielle renversée, usitées pour l'hélice. Parmi ces modèles, on remarque la disposition simple et dégagée des petites machines de canonnières, qui présentent à peu près le même type que les plus grands appareils sortis de cet atelier. Celui qui est exposé est de 800 chevaux; il a sur chacun de ses cylindres deux tiroirs placés obliquement, ce qui est préférable avec de si grandes dimensions; car c'est trop demander à l'ajustage que d'avoir des barettes de

1m,50 qui soient étanches, et à la dureté des matières, de conserver leurs formes assez exactes pour rester longtemps sans avoir des fuites. Les tiroirs sont menés directement par de longues tiges articulées aux petites manivelles d'un arbre, qui oscille sous l'impulsion des excentriques. La détente est produite par une lanterne cylindrique placée dans le tuyau de vapeur à son arrivée au tiroir, et qui tourne autour de son axe par un mouvement d'engrenages partant de l'arbre. Les orifices de cette lanterne ont leurs positions changées par rapport aux ouvertures du boisseau, pour faire varier la détente au moyen d'une spirale engougée dans l'arbre de transmission, de manière à changer son angle relativement à celui des grandes manivelles. Tout est sous la main et d'une visite facile, sauf les grands paliers, à cause du tuyau d'évacuation du tiroir au condenseur, qui passe par-dessus l'arbre, tandis que dans d'autres appareils il est isolé au-dessus de tout; mais alors le tiroir est sur le côté du cylindre et dans un plan vertical.

M. Maudslay emploie maintenant les condenseurs tubulaires pour des appareils semblables à celui dont il vient d'être question : ce sont de grandes caisses latérales, à l'opposé des cylindres, qui ne gênent en rien le service de la machine. Il a cherché à réunir leurs avantages à ceux des cylindres multiples de Woolf dans un appareil à trois cylindres placés du même bord, où celui du milieu reçoit la vapeur surchauffée pour qu'elle se détende dans les deux autres, et se rende ensuite au condenseur, dont les tubes sont verticaux et ont une surface totale à peu près égale à celle de chauffe. Chaque cylindre est à bielle en retour, et les trois paires de manivelles sont placées à 120 degrés et portent sur six coussinets. La vapeur est surchauffée en sortant des chaudières au moyen d'un appareil tubulaire placé dans la boîte à fumée; elle entoure les cylindres et entre dans leurs couvercles. Dans cette machine, comme dans celles du même genre exposées à Londres, on n'a pas songé à s'élever

aux pressions des machines à double cylindre usitées à terre; la pression de régime ne doit pas dépasser 1^k,400 à 1^k,755 par centimètre carré. On a raison de s'en tenir là; car malgré l'emploi de l'eau distillée des condenseurs tubulaires, les pressions élevées seront toujours dangereuses, et ne conviendront sur mer qu'à la rédaction des procès-verbaux de recette, mais non à un service prolongé. Les tiroirs sont à trois orifices, afin d'avoir de larges passages, pour peu de course; ils sont menés par un arbre spécial à vilebrequin, qui reçoit le mouvement d'un système d'engrenage disposé d'une manière particulière, pour varier la détente, depuis un quart jusqu'à un sixième de la course, et pouvoir renverser le mouvement.

MM. Humphreys et Tennant font pour l'amirauté anglaise des machines à bielle directe, dont tout le gros mécanisme est du même côté de l'arbre, et indépendant du condenseur et de la pompe à air, situés du bord opposé. Les tiges de piston sont très-fortes et guidées par une grosse savatte, frottant sur une glissière, et maintenue seulement par les rebords de cette dernière, lorsqu'il s'agit de marcher en arrière. Les tiroirs sont placés verticalement sur le côté des cylindres, et la coulisse de leur double excentrique est prise entre des coussinets, au lieu d'être fendue. Ces machines sont bien conçues et solides, mais elles ne présentent pas de particularités aussi intéressantes que celles qui sont destinées au commerce. Celles-ci, disposées comme celles à pilon, c'est-à-dire à cylindre renversé, ont leurs deux pistons sur la même tige, celui du haut étant consacré à recevoir la vapeur déjà surchauffée pour la détendre dans celui du bas. Chacun des quatre cylindres a son tiroir, et ces organes de distribution sont, deux à deux, liés par une même tige et conduits par un double excentrique. Les bâtis servent de condenseurs tubulaires, et des tiges liées aux pistons font mouvoir directement les quatre pompes, dont deux servent à faire circuler l'eau autour des tubes, et les deux

autres remplissent à la fois le rôle de pompe à air et de pompe alimentaire. Sauf quelques pièces difficiles à visiter, telles que les tiges de piston, ces machines sont aussi simples que possible, solides et accessibles dans presque toutes leurs parties.

M. Rennie a une machine directe à cylindres croisés, avec des pistons à fourreau simple, et, à l'opposé, une pompe à air aussi à fourreau et à simple effet, entraînée par une bielle prise sur la loge de l'arbre à manivelle; cette machine est solide, mais il est impossible de surveiller en marche beaucoup de pièces importantes. MM. Ravenhill et Salkeld ont un modèle de machine à bielle renversée, très-bien combinée, et à condenseur tubulaire, dont une pompe centrifuge doit faire circuler l'eau. La machine de M. John Key est dans le même genre. MM. Tod et Mac Gregor en ont une à pilon. Le condenseur tubulaire forme un des bâtis et contient des tubes horizontaux dont les bouts, en saillie dans leur plaque de tête, sont entourés par une grande plaque en caoutchouc, qui, percée de trous plus petits que les tubes, est rebroussée et serrée à chaque joint par une grande plaque commune, tenue par des boulons. Malgré la rapidité du mouvement, la pompe à air et celle d'alimentation sont mues par un excentrique. La machine de M. Morrison est aussi à pilon; elle a ses condenseurs tubulaires dans ses deux bâtis, mais ses pompes à air sont conduites directement par une tige sortant du dessous du cylindre à vapeur. La détente est menée par un excentrique spécial, et est formée de plaques frottant sur les orifices du dos du tiroir. Enfin, un modèle montre une disposition, récemment patentée, de MM. Allen et Stewart, qui consiste en deux pistons liés par un cylindre glissant dans le presse-étoupe d'une cloison fixe, de sorte que l'espace annulaire entre le grand cylindre qui contient les deux pistons et celui dont il vient d'être parlé, reçoit d'abord la vapeur et agit comme le petit cylindre de Woolf, tandis que les deux autres agissent comme le grand. Cette

machine n'a pas encore été exécutée ; elle serait très-volumineuse.

§ 2. — Dessins de machines anglaises.

Avant de quitter l'exposition anglaise, il convient de mentionner des dessins des machines à fourneau simple fabriquées par M. Robert Napier, pour le vaisseau français à trois ponts *le Louis XIV,* dont la particularité principale est d'avoir à l'opposé du fourneau un cylindre plus petit et creux pour servir de guide au piston, et de passage à une tige destinée à serrer le coussinet du pied de grande bielle. Des dessins représentent aussi les machines de M. Randolph et Elder, qui ont deux jeux de trois cylindres, disposés respectivement comme ceux de M. Maudslay, c'est-à-dire celui du milieu recevant la vapeur pour la faire détendre dans les deux autres. Les six cylindres sont placés sur deux rangs les uns devant les autres, et assez éloignés de l'arbre pour laisser le mouvement de leurs bielles directes articulées par paires sur les tiges d'un arbre à six manivelles : ils sont inclinés à 45 degrés. Les pompes à air sont situées sous les cylindres et ont des mouvements compliqués : aussi, quoique cet appareil ait remplacé avec avantage d'autres machines et ait produit des économies de combustible très-remarquables, il est douteux qu'il soit imité à cause de sa complication.

§ 3. — Machines françaises.

Si, après avoir ainsi examiné ce qui appartient à l'exposition anglaise, nous passons à celle de la France, nous remarquerons en première ligne l'appareil de 400 chevaux nominaux exécuté par les Forges et Chantiers de la Méditerranée. Il est copié sur le type de la machine de *l'Algésiras,* lequel est trop connu de tous les marins français pour qu'il

soit utile d'en décrire les détails. Il suffit donc de dire qu'il est très-bien exécuté, qu'il a des tiroirs en D et à garniture, qui ont donné de meilleurs résultats que ceux en coquille, et qu'il a conservé la bonne disposition de sa pompe à air, de son injection et de beaucoup d'autres détails. M. Mazeline s'est borné à exposer des dessins détaillés de ses machines à bielle renversée, dont les qualités sont appréciées depuis longtemps dans la marine.

M. Nillus, du Havre, a exposé une petite machine à hélice, de 0m,60 de diamètre, 0m,45 de course et cent coups de piston, dont les cylindres sont adjacents, et ont leur tiroir sur le haut, mais un peu sur le côté. Le piston a deux tiges qui vont se fixer à un fourreau qui sert de pompe à air à simple effet, et au fond duquel le pied de la grande bielle se trouve articulé ; les autres coussinets sont accessibles. Le tiroir est conduit par un double excentrique, dont la coulisse est à quatre branches, embrassant le bloc du tourillon, qui, au lieu d'être uni au tiroir, est articulé à une bielle; celle-ci, par un balancier à bras égaux, renvoie le mouvement à l'opposé jusqu'au tiroir. Les différentes pièces de cette machine sont bien exécutées.

Il convient aussi de mentionner une machine suédoise destinée à une canonnière, et qui est d'une disposition remarquable par sa simplicité. Elle est du système Woolf, mais avec des cylindres concentriques et un piston annulaire entre les deux ; les deux tiges qui sont liées à ce dernier traversent un T qui leur est claveté, et auquel est aussi fixée la tige du petit piston intérieur. La vapeur est distribuée aux deux cylindres à la fois par un tiroir à canaux intérieurs croisés, comme dans d'autres appareils du même genre. Les garnitures sont métalliques, et avec les grands anneaux de fonte, usités maintenant, les fuites ne sont pas plus à craindre quand les garnitures embrassent un cylindre intérieur que lorsqu'elles pressent les parois de celui qui renferme le piston. Les deux tiges du piston annulaire s'étendent de l'autre bord

du navire pour se joindre à une traverse guidée entre deux coulisses et servant de soye à une grande bielle en retour, ainsi que de mouvement à la pompe alimentaire d'un côté et à celle à air de l'autre. Celle-ci est à piston plongeur et à simple effet; les clapets sont en caoutchouc, et le condenseur est formé par l'un des longs bâtis de la machine. Il y a lieu de remarquer qu'il n'y a qu'une seule paire de manivelles, et que pour diminuer l'influence des points morts, le vireur est un grand tourteau de fonte servant de volant. Afin de placer le cylindre assez haut pour les formes du navire, les tiges de piston passent au-dessus de l'arbre, de sorte que les angles de la bielle ne sont pas égaux haut et bas. Le tiroir n'a qu'un seul excentrique, qui renverse le mouvement, car il a son calage changé par une rainure en spirale, comme on le fait pour les détentes. La manœuvre est d'une facilité remarquable.

Il y a lieu de mentionner deux autres machines, parce que leur disposition peut être employée avantageusement sur mer. C'est, en premier lieu, celle de MM. Walter et May, de Birmingham, qui reproduit ce que M. Normand fils a déjà exécuté avec succès sur un paquebot du Havre, en évitant la complication de la multiplicité des cylindres, comme dans les divers appareils précédents. Dès lors les deux pistons sont conjugués à angle droit, comme à l'ordinaire, et celui à haute pression envoie sa vapeur déjà détendue dans un réservoir situé dans la chambre à vapeur, où elle acquiert de nouvelle chaleur avant d'aller agir dans le second cylindre. De plus, le volume des conduits et du réchauffeur suffit pour régulariser le désaccord entre les évacuations et les introductions des deux cylindres, puisqu'ils sont à angle droit; tandis que dans les machines ordinaires, il faut qu'aussitôt sortie d'un cylindre, la vapeur entre dans l'autre. La même idée a présidé, à quelques différences près, à la disposition d'une locomobile présentée par M. Wenham, sous le nom de *thermo-expansive-engine*, où la vapeur, au lieu d'aller se

réchauffer dans la chambre, parcourt la boîte à fumée de la chaudière pour acquérir une température plus élevée. Il résulte de ces dispositions particulières, qu'une machine de Woolf peut être aussi simple dans tous ses renvois de mouvement que celles qui ne profitent pas de la détente dans un cylindre séparé. M. Wenham propose de porter à trois le nombre des cylindres où la vapeur passe successivement, et M. Williamson, professeur de physique au collége de l'université de Londres, veut aller jusqu'à quatre pour obtenir encore plus d'économie.

Pour ne rien omettre, nous parlerons aussi d'une machine suisse, destinée au lac de Genève, qui a des doubles cylindres contigus, et diffère des autres en ce que sa pompe à air, au lieu d'être entraînée lentement par le mouvement général, est conduite par une machine à vapeur spéciale pour obtenir plus de vitesse. Il est probable qu'il n'en résulte pas de gain de force, en ce que les pompes à air perdent à un mouvement trop rapide, et que ce serait plutôt à celles à simple effet des machines à hélice de France qu'un mécanisme particulier conviendrait pour modérer leur vitesse.

CONCLUSION.

En considérant les machines de l'Exposition, il est facile de voir non-seulement des progrès marqués dans la perfection du travail et même dans la solidité des appareils; mais, surtout, on est heureusement frappé de voir qu'enfin l'économie de combustible commence à être regardée comme une question importante sur mer; et que, par une singulière bizarrerie, c'est dans le Cornouailles, au milieu d'une production particulièrement abondante de combustible, qu'on a le plus étudié l'économie du charbon. Mais en contemplant ce qui se passe maintenant pour la marine, on est aussi frappé d'un fait remarquable : c'est qu'on cherche l'économie par des systèmes ingénieux, et que c'est le fabricant qui paraît

s'en préoccuper; tandis que le marin, qui cependant est le véritable intéressé, ne s'en est pas encore inquiété. En général, il n'a, pas plus que l'administration qui le dirige, cherché à comprendre que, même sans inventions ingénieuses, il peut doubler son rayon d'action, c'est-à-dire augmenter son nombre si restreint d'heures de marche, par des soins éclairés et par un bon chauffage, comme les Messageries impériales nous en ont donné la preuve sur leurs paquebots. De quelque côté que nous arrive le bienfait d'une diminution notable dans les consommations de combustible, acceptons-le avec une profonde reconnaissance, et cherchons surtout à en tirer un bon parti; car les idées les plus justes et les mieux exécutées perdent leur valeur si elles ne sont pas bien employées. C'est surtout dans la marine à vapeur que cette vérité reçoit de nombreuses applications.

En se reportant vers le passé, on voit cependant que cette question a préoccupé plusieurs fois, et qu'on a tenté partiellement divers procédés économiques, tels que de détendre beaucoup la vapeur en opérant comme à terre, dans des cylindres différents, pour moins perdre par les refroidissements intérieurs; d'augmenter la pression pour détendre dans de meilleures conditions; d'éviter les pertes résultant de l'emploi de l'eau de mer en condensant par contact, comme dans la distillation, pour recueillir l'eau douce et s'en servir toujours; et, enfin, on a surchauffé la vapeur pour compenser les pertes du fonctionnement dans les cylindres, c'est-à-dire celles qui résultent des alternatives de chaud et de froid, qui sont les causes premières de la force du nouveau moteur. Chacun de ces procédés a été essayé plusieurs fois, et quelque temps, pour être abandonné ensuite. Les pressions élevées ont eu pour obstacle la séparation spontanée du sel, dès que la température atteint 140 à 150 degrés. De plus, ces pressions seront toujours dangereuses sur mer. Les condenseurs par contact ont été usités il y a plus de vingt ans; ils avaient des fuites, et surtout la légère couche de graisse amenée sur

leur surface par la vapeur à sa sortie du cylindre, leur faisait perdre la conductibilité de leurs innombrables tubes. On a fait des appareils surchauffeurs; les premiers rendirent peu de service; on en établit de meilleurs maintenant, mais ils sont exposés à être brûlés.

Depuis lors, enhardi par la perfection du travail actuel et par l'importance du sujet, on est revenu à ces idées avec plus d'ardeur, et pour arriver à un meilleur résultat, on a rassemblé tous les moyens imaginés pour économiser le combustible. Comme on a pu le remarquer, plusieurs des machines dont il vient d'être question surchauffent leur vapeur, la détendent dans des cylindres séparés et la condensent dans des tubes; elles réunissent donc tous les perfectionnements imaginés antérieurement. Cela est vrai; mais il faut ajouter qu'elles réunissent aussi toutes les chances d'avaries ou du moins de fonctionnement médiocre des diverses inventions qu'elles emploient. En outre, elles exigeront d'autant plus d'intelligence quand elles agiront, et de soins lorsqu'elles seront au repos, que leur complication présentera plus de causes d'être mises hors de service ou de durer moins longtemps. Il en résulte qu'elles exposent à des mécomptes, et qu'elles donneront des résultats très-différents suivant leur disposition, et aussi suivant la manière dont elles seront conduites : influence secondaire qu'il ne faut jamais oublier dans toute conception mécanique destinée à servir réellement. S'il ne s'agit que du procès-verbal de recette, on peut dès à présent les regarder comme assez avancées pour être satisfaisantes; mais si, comme il convient de le faire, on suppose un fonctionnement un peu prolongé, il devient douteux qu'il en soit de même.

Rappelons le présent; nous y voyons combien nous possédons d'appareils précaires par la faiblesse de leurs parties, par leur complication excessive du mécanisme, et même par la seule difficulté de l'entretien. Les machines à quatre cylindres existent encore; souvenons-nous de toutes les avaries

qu'elles ont éprouvées en ne fonctionnant que rarement, et toujours avec la moitié de leurs chaudières, excepté pendant les expériences, et considérons si, en accumulant toutes les inventions passées, nous ne nous écarterions pas trop de la simplicité des appareils vers laquelle les marins dirigent toujours leurs vœux, et qui fait la gloire des meilleurs fabricants de machines marines. Certes, il faut arriver à la marche économique obtenue par quelques paquebots; mais il le faut d'une manière certaine, durable, et sans chances de perdre plus souvent de la marche que de gagner un plus grand rayon parcouru. Est-ce par la multiplicité des cylindres, c'est-à-dire par plus de pistons, d'arbres, de bielles et de manivelles, avec toutes leurs chances d'échauffements et d'avaries, ou bien par la surchauffe avec deux cylindres pour conserver des renvois de mouvements simples? Faut-il adopter les condenseurs tubulaires, avec leurs pertes de vide, et par conséquent de marche, au bout de quelques heures, et cela pour s'élever à des pressions dangereuses? J'avoue que, comme marin, les condenseurs tubulaires me paraissent trop délicats et les pressions élevées trop dangereuses; que quant à compliquer l'appareil pour obtenir des économies de charbon, il est préférable que ce soit par des tuyaux immobiles et faciles à réparer, plutôt que par la multiplicité de pièces en mouvement, pièces d'autant plus sujettes à se détraquer qu'elles sont plus nombreuses. Des tuyaux sont inertes, ils ne se grippent pas; s'ils manquent avec le temps, la machine cesse d'agir économiquement, mais au moins elle marche, et c'est ce qu'il faut avoir toujours en vue sur mer, surtout maintenant que les mâts et les voiles disparaissent par une fatalité irrésistible. Voilà où en est à peu près la question des machines à vapeur marines. On veut les rendre économiques, on a raison : aussi on cherche la meilleure manière pour y parvenir d'une manière durable. Est-elle trouvée? L'expérience décidera.

En attendant, il faut établir en principe que dans la ma-

rine il faut : 1° une solidité des parties qui serait exagérée à terre, et n'est cependant qu'une garantie nécessaire; 2° une simplicité extrême, en bannissant tout mécanisme compliqué, et évitant ainsi ce que, dans nos conférences avec les Anglais, nous avons si souvent entendu appeler ironiquement *ingenious*; 3° disposer tout de manière à être accessible en marche, car il faut qu'une machine marine marche quand même; 4° rendre les visites faciles dans toutes les parties, sans quoi on néglige l'entretien de cette grande pièce d'horlogerie fixée pour des années au fond d'une cale humide. Tels sont en général les vœux de ceux qui emploient les machines marines, et leur confient plus que jamais leur existence, puisque les voiles disparaissent. Qu'on se rapproche donc des types qui satisfont le mieux aux conditions énoncées, et on aura rendu un grand service à la marine; car en contemplant nos outils et nos machines, on reconnaît que nous avons fait de très-grands progrès, et que, sans être partis les premiers, nous sommes arrivés au même niveau sur beaucoup de points; mais, en fait de machines marines, nous avons progressé plutôt sous le rapport de la confection que des dispositions mécaniques réellement assorties aux conditions de la mer.

SECTION III.

PIÈCES DE MACHINES, RÉGULATEURS, GRUES, ETC.,

PAR M. FARCOT.

CHAPITRE PREMIER.

PIÈCES SÉPARÉES DE MACHINES, SPÉCIMENS DE FABRICATION, RÉGULATEURS.

§ 1er. — Pièces séparées.

Les pièces séparées qui figurent à l'Exposition donnent une haute idée des moyens de fabrication et de l'outillage que les progrès de l'industrie ont mis à la disposition des constructeurs de machines.

Les pièces immenses et admirables que M. Krupp expose parmi ses aciers, sont bien dignes de la position exceptionnelle qu'il s'est faite dans l'industrie; ses arbres coudés, tiges de pistons, cylindres trempés, masses énormes fondues, bielles, canons, etc., sont au-dessus de tout éloge.

Le procédé Bessemer, sans atteindre les mêmes proportions dans ses produits, dépasse, par les dimensions des pièces fondues ou laminées qu'il permet d'exposer, les résultats des procédés ordinaires anciens, en donnant des aciers moins fins et moins homogènes.

Les forges de Mersey Steel and Iron Ce exposent un arbre

coudé brut, pesant 24 à 25 tonnes, commandé par M. John Penn, de Greenwich.

On voit figurer dans l'exposition de MM. Cail et Cᵉ diverses pièces de forge d'une exécution difficile, et parfaitement réussies.

Parmi les pièces spéciales de construction, on remarque celles de MM. Penn et Maudslay; mais les produits de M. Penn ont un caractère tout particulier de perfection, tant pour la netteté des pièces brutes de fonte que pour le fini des surfaces travaillées par les machines-outils. On voit que, dans cette maison, les détails des machines sont terminés par des moyens mécaniques d'une manière presque absolue, et que le travail du finissage à la main est presque partout supprimé. M. Penn obtient ces résultats par la précision des dernières passes de ses outils, et du planage mécanique qu'il effectue avec autant de légèreté et plus de netteté qu'on ne le pourrait faire à la main. Un cylindre immense, de 2ᵐ,80 environ de diamètre, est exposé, alésé, avec ses glaces dressées, sans aucune tache ni piqûre et sans aucun défaut. Diverses pièces de machines portent la marque des passes d'outils, et présentent cependant des surfaces aussi nettes et aussi unies que si elles étaient travaillées par la main de l'homme. Nous avons pu constater, en visitant les ateliers de M. Penn, que ces procédés de travail sont généralisés chez lui pour toutes les pièces de ses machines.

Les diverses dispositions de robinets usitées dans les machines sont représentées à l'Exposition par les types les plus variés, sans présenter l'application de principes bien nouveaux. Nous remarquons néanmoins les robinets-boules de M. Beck à soupapes inclinées dans le sens du mouvement, pour donner moins de contraction à la veine fluide.

Les expositions de MM. Lambert, Stone, Tylor, Warner, sont complètes et remarquables par leur étendue. Un robinet à disques de caoutchouc, de M. Lambert, est spécialement disposé d'une manière ingénieuse, pour se fermer seul après

un temps variable et déterminé d'écoulement, et pour prévenir ainsi toute perte d'eau.

MM. Herdevin, Broquin et Lainé, de Paris, exposent aussi de bons produits. Les robinets-boules français sont généralement disposés pour que les filets de la tige n'empêchent pas le rodage, précaution importante dont beaucoup de fabricants anglais semblent ne pas s'occuper; mais le travail anglais paraît exécuté au moyen d'un outillage plus précis, et par des procédés mécaniques qu'il serait désirable de voir adopter par les fabricants français.

MM. Fortin-Hermann se font remarquer par les bonnes dispositions et la bonne exécution de leurs robinets et des appareils de fontainerie qu'ils exécutent en grand pour la ville de Paris. Ils exposent divers spécimens des procédés ingénieux de perçage des conduites, au moyen desquels ils évitent les arrêts de service prolongés.

M. Leoni, de Londres, expose des robinets et coussinets d'arbres exécutés avec une matière qu'il appelle *adamas*, et qu'il indique comme étant un silicate de magnésie, pulvérisé en poudre impalpable, moulé, et cuit. Cette matière, très-douce au toucher, est, en même temps, d'une dureté extrême; son emploi réaliserait pour les coussinets une grande économie d'huile et de frottements, d'après les expériences dont M. Leoni présente les résultats; elle est aussi employée avec succès pour les becs de gaz et pour leurs robinets.

Les clapets et pistons de M. Perreaux sont appliqués aux pompes en plusieurs pays, et figurent dans diverses expositions; ils ouvrent et ferment promptement les passages; mais pour ne pas avoir trop d'étranglement, il est nécessaire de ne les employer qu'avec des vitesses relatives d'eau peu considérables.

L'injecteur de M. Giffard est une des inventions françaises les plus heureuses et les plus appréciées : on le trouve exploité sur une grande échelle en Angleterre, en Belgique, et dans tous les pays industriels.

M. Suckfull expose ses pistons à ressorts métalliques garnis en tresse pour pompes à air et à eau, qui donnent en France de bons résultats.

Les indicateurs de niveau à tubes de verre figurent en grand nombre ; nous remarquons dans l'exposition anglaise l'indicateur à verre plat de M. Chandler, qui paraît simple, solide et durable. M. Desbordes avait employé cette disposition il y a quelques années.

M. Lethuillier-Pinel expose son indicateur magnétique, auquel il a ajouté un régulateur automatique de l'alimentation.

M. Renaud, de Nantes, présente une disposition de flotteur à sifflet, avec index mobile fonctionnant dans une éprouvette de verre.

M. Pougault, de Decise (Nièvre), expose son purgeur automatique, au moyen duquel on évite la présence de l'eau dans les cylindres des machines et dans les conduites de vapeur ; cet appareil rend de véritables services.

On reconnaît dans l'exposition française l'étude attentive des appareils spéciaux qui assurent la conservation et le bon entretien des générateurs et machines.

Nous croyons devoir signaler, parmi les outils de détail exposés, les clefs anglaises de M. Ferrabee, qui offrent un caractère particulier de simplicité, et les cliquets à mouvement continu pour le perçage des trous, de MM. Easterbrook et Allcard.

M. Piat expose, dans la classe XXXI, une série très-complète d'engrenages fondus ou taillés avec grande précision, et dont le mérite et l'utilité sont bien appréciés en France.

Nous croyons devoir citer aussi dans la même classe la boucle à levier pour courroies de M. André (France), qui est appliquée à une des grosses pompes de l'Annexe, et qui présente des conditions particulières de commodité et de solidité.

§ 2. — Régulateurs.

Plusieurs régulateurs nouveaux figurent à l'Exposition.

M. Porter, de New-York, présente deux espèces de régulateurs. Le premier, destiné aux machines fixes, consiste en un pendule conique, à boules très-petites, liées par leurs centres, au moyen de bielles, à un poids considérable en forme d'urne, pesant 85 kilogrammes pour le plus grand modèle, et montant ou descendant sur l'axe vertical de rotation. Ce pendule tourne avec une vitesse très-grande (trois cents tours par minute), pour soulever le poids et obtenir un équilibre plus constant qu'avec le pendule conique ordinaire, dans toutes les positions, quant au nombre de tours normal de la machine.

On conçoit que le poids des boules devenant très-faible par rapport à leur force centrifuge, en raison de la surcharge du poids, et le moment d'action de ce poids croissant avec celui des boules à mesure qu'elles s'élèvent, on puisse obtenir un équilibre assez constant, au moins dans certaines conditions. Mais cette solution n'a pas un caractère général et absolu d'exactitude, et l'auteur ne lui attribue pas même la propriété de l'équilibre constant; il dit seulement, dans sa notice, que « l'action de ce régulateur ne diffère pas en théorie de celle d'un régulateur ordinaire dans lequel le point de suspension est situé au sommet du cône, et que sa supériorité est entièrement due à ce fait que l'action théorique y est réalisée plus approximativement. »

Nous pensons néanmoins que les bons résultats de ce régulateur sont dus à un équilibre plus constant que dans les modérateurs ordinaires. L'accélération extrême du pendule nous paraît être un inconvénient sérieux, de même que la surcharge considérable qu'il supporte.

Le second régulateur de M. Porter est destiné aux machines marines; il tourne autour d'un axe horizontal, et

consiste encore en une sorte de pendule conique accéléré, mais la surcharge est produite par un ressort très-énergique agissant au lieu d'un contre-poids. Cet appareil nous paraît devoir, comme le précédent, donner de bons résultats, dans certaines conditions; sa théorie doit être la même que celle du précédent, mais nous regardons aussi comme un inconvénient sa trop grande accélération.

M. Moison, dans la partie française, expose un régulateur analogue au dernier de M. Porter.

M. Duvoir, de Liancourt, avait exposé en France, vers 1860, un régulateur à disque et à ressort, dont le principe nous paraît être le même que celui des deux derniers que nous venons de citer. Il paraîtrait que quelque chose d'analogue avait figuré aussi à l'Exposition de 1851. M. Albaret, successeur de M. Duvoir, a appliqué un régulateur de ce système sur une locomobile.

Deux machines allemandes fonctionnent avec des régulateurs verticaux du premier système de M. Porter.

On reconnaît donc dans l'Exposition une tendance marquée vers l'emploi de régulateurs équilibrés plus ou moins exacts.

Mme veuve Decoster a exposé une locomobile munie d'un régulateur que nous reconnaissons pour celui de M. Charbonnier, ingénieur actuel des ateliers Decoster : c'est le premier type de régulateur équilibré qui ait été imaginé; son invention remonte à une vingtaine d'années.

M. Moison expose aussi son régulateur à mouvement différentiel, qui a donné en France de bons résultats, mais dont les pièces supportent de grandes réactions et s'usent assez vite.

Enfin, M. E. Bourdon présente son nouveau régulateur hydraulique dont le piston est équilibré par le mouvement d'une pompe centrifuge, et se meut dans un sens ou dans l'autre, suivant les variations de vitesse, en indiquant sur un cadran extérieur le nombre de révolutions que la machine effectue à chaque instant par minute.

M. Porter expose aussi, dans la machine de M. Allen, des dispositions de tiroirs à plusieurs orifices, destinés à ouvrir rapidement un passage considérable pour l'admission et l'échappement de la vapeur. Ces dispositions sont ingénieuses, et peuvent être très-avantageuses dans certains cas où l'on a besoin d'ouvrir une grande section avec une petite course de tiroir.

CHAPITRE II.

GRUES ET APPAREILS DE LEVAGE.

§ 1er. — Grues.

Les appareils de levage figurent en grand nombre dans l'Exposition, et présentent diverses dispositions nouvelles, imaginées pour les différentes circonstances du travail industriel.

Les grues à chaîne Galle, système Neustad, qui sont exposées, dans la partie française, par M. Fauconnier et par MM. Parent, Schaken et Ce, se distinguent facilement de toutes les autres par la forme des chaînes, la suppression du treuil et la plus grande simplicité du mouvement. On a pu craindre que ce genre de chaînes ne s'allongeât sous la pression; mais les applications de plus en plus nombreuses que l'on fait de ce système paraissent démontrer que ces craintes ne sont pas fondées. Ces grues sont, comme toutes les autres, manœuvrées soit à la main, soit à la vapeur; une disposition particulière permet de baisser la flèche quand cela est nécessaire pour le transport des grues mobiles ou pour toute autre cause.

Parmi les grues à chaînes ordinaires, celles qui sont mues par la vapeur portent le plus souvent avec elles leur chaudière, comme celles de MM. Chaplin, Appleby et Worsdell,

et alors le centre de rotation est situé entre la machine et la flèche de la grue; d'autres, comme celles de MM. Lumley et Watson, n'ont pas de chaudière, et leurs machines doivent recevoir la vapeur d'un générateur fixe; dans ce cas, l'arbre central qui porte le pivot sert d'enveloppe pour les tuyaux d'admission et d'échappement.

La plupart de ces grues ont un treuil particulier pour l'abaissement de la flèche, ce qui peut, dans certaines conditions, permettre de rapprocher ou d'éloigner la charge du centre de rotation quand elle n'est pas trop forte.

Suivant les besoins de chaque service, ces grues sont mobiles, montées sur un chariot à roues de wagon, ou fixées dans le sol comme les grues de berge ordinaires.

Le système de commande directe par machine à vapeur spéciale est appliqué aussi à des treuils d'ateliers ou magasins, comme ceux de MM. Tennant et Cᵉ. La Compagnie des engrenages à friction expose des treuils de ce genre munis d'engrenages à coin du système Robertson, qui nous paraissent être ceux de M. Minotto, connus sous son nom depuis plusieurs années.

MM. Ransomes et Cᵉ exposent une locomobile portant avec elle un cabestan à vapeur analogue à ceux qui tirent les charrues de MM. Fowler et Howart, mais spécialement disposé pour la manœuvre des fardeaux. Cette machine est munie d'un générateur à joints mobiles pour le nettoiement, analogue à ceux qui ont été inventés en France en 1855, et qui sont employés parmi nous depuis cette époque.

On peut remarquer que, dans leurs grues à vapeur, les constructeurs anglais emploient volontiers la commande par roues à vis sans fin, qui donne immédiatement un grand ralentissement, mais qui absorbe plus de travail en frottements que les engrenages ordinaires; la simplicité de l'installation peut compenser cette différence.

Nous citerons comme une heureuse et féconde innovation apportée aux grues d'ateliers ce que MM. J. Penn et fils ont

fait dans leur fonderie de Greenwich, où une transmission générale par arbre de couche commande toutes les grues d'un atelier de moulage, soit pour l'enlevage, soit pour la direction des charges. Un seul homme fait mouvoir les embrayages suivant les besoins et les commandements des chefs, et l'on économise ainsi une somme considérable de main-d'œuvre chaque jour, sans encombrer la fonderie de machines spéciales.

Une disposition ingénieuse et simple est celle des grues-chèvres (*derrick crane*), qui sont construites et posées debout sur pivot, comme les grues d'atelier. Le collier supérieur est maintenu par un système de deux triangles en charpente placés verticalement dans deux plans perpendiculaires l'un sur l'autre, de manière à n'absorber que le quart du cercle d'action, les trois autres quarts restant entièrement libres pour le service. Les bases des triangles sont simplement chargées de poids provisoires, et ces grues-chèvres ainsi installées, sans fondation, en un endroit quelconque, sont aussi stables que des grues d'atelier. Le service des colis, à l'entrée de l'Exposition, a été fait au moyen de grues semblables. Les appareils de ce genre sont exposés par MM. Bowser et Cameron, et par MM. Forrest et Barr.

Plusieurs grues anglaises présentent des dispositions plus ou moins nouvelles pour peser les fardeaux pendant la manœuvre, comme celles de M. Hart. Nous citerons aussi les treuils et grues à système de pesage de M. Hind, exposés par M. Kitchin.

M. Vernay, de Paris, expose dans la partie française un appareil élévateur mobile pour magasins, permettant de soulever, peser, transporter et décharger en diverses places les marchandises. Cette machine, simple de construction, peut être employée avec avantage dans les magasins ou entrepôts.

Les appareils hydrauliques, grue et cabestan de M. Armstrong, présentent ce caractère particulier que le travail moteur produit par une machine à vapeur agissant sur des

pompes, est accumulé dans un récipient à plongeur et à contre-poids, qui reçoit l'eau et la distribue selon les besoins à d'autres pompes motrices ou machines à colonne d'eau chargées de la dépenser. Ces dernières agissent, dans la grue, sur un système de palan renversé, de manière à produire au bout de la chaîne une accélération considérable. On obtient ainsi une rapidité de service très-satisfaisante, et la charge suspendue est arrêtée à toutes les hauteurs très-facilement. Une pompe motrice semblable et spéciale fait tourner la grue sur son centre, suivant les besoins. Le mode d'action est analogue dans le cabestan, mais ne se produit que par engrenages.

On a critiqué ce procédé au point de vue de l'effet utile : il est certain que le rendement doit être diminué par les pertes successives de tous les appareils qui transforment la puissance motrice; néanmoins, les avantages que présentent la facilité et la rapidité du service compenseront facilement ces inconvénients dans les pays où le combustible n'a pas une grande valeur. On pourra, au moyen d'une seule machine à vapeur, entretenir plusieurs appareils élévateurs éloignés les uns des autres, et, si le service est intermittent. la dépense de combustible pourra même être moindre pour l'ensemble des appareils que si l'on avait pour chacun d'eux une machine à vapeur spéciale ne marchant qu'à des intervalles éloignés.

La grue de M. Armstrong paraît destinée au service des mines de houille.

§ 2. — Palans et crics.

Une des inventions ou applications les plus remarquables que l'on rencontre à l'Exposition est le palan différentiel à chaînes de M. Weston, qui, avec trois poulies seulement, permet d'obtenir le rapport que l'on veut entre le chemin parcouru par la main de l'homme et la levée du fardeau. La

poulie à chape inférieure ne sert que de renvoi et porte le crochet; la chaîne est sans fin et pend au-dessous du crochet. Les deux poulies supérieures sont fondues ensemble, à gorges cannelées, suivant les anneaux des chaînes et de diamètres un peu différents. Si elles étaient égales, le brin tiré développerait autant que le brin montant, et la charge resterait stationnaire; mais leur petite différence de diamètre produit une ascension lente sans détruire pratiquement l'équilibre indifférent du fardeau qui reste encore où on le laisse, parce que les frottements, si minimes qu'ils soient, compensent la différence des moments des deux chaînes du crochet. Ces frottements sont assez considérables, d'après des expériences que nous avons faites.

Cette facilité de manœuvre et l'équilibre indifférent de la charge sont des résultats bien avantageux pour les ateliers et industries diverses : aussi ce palan différentiel est-il employé déjà par beaucoup d'ingénieurs et de fabricants, bien que son invention ne date pas d'un an.

On voit figurer aussi dans l'Exposition un grand nombre de crics à vis ou à engrenages de toutes les dispositions connues et, de plus, plusieurs systèmes de crics hydrauliques, composés d'une petite pompe et d'un plongeur soulevé par la pression du liquide foulé. La pompe est placée quelquefois extérieurement, mais, le plus souvent, elle est renfermée dans la même boîte apparente que le plongeur, et le tout constitue un appareil simple et facile à manœuvrer. Les frottements doivent être moindres dans ces crics hydrauliques que dans les autres, mais on peut craindre l'action de la gelée sur le liquide, et l'on peut se demander si les soupapes peuvent maintenir la pression d'une manière absolue pendant un temps prolongé. Quoi qu'il en soit, le nombre des crics hydrauliques (*hydraulic jack*) exposés montre qu'on les emploie de plus en plus.

Nous remarquons dans l'exposition française le cric simple et ingénieux de M. Beziat, destiné spécialement au levage et

au soutirage des pièces de vin dans les caves. L'usage de cet instrument se répand de plus en plus en Angleterre comme en France.

CHAPITRE III.

MACHINES A BATTRE LES PIEUX.

Les machines employées pour l'exécution des pilotis ne sont guère représentées à l'Exposition que par la sonnette à vapeur (*steam pile driver*) de MM. Sissons et White, qui figure en grandeur naturelle et aussi sous forme d'un petit modèle ; elle paraît très-complète. Le pieu est amené et mis à sa place sous le mouton par un treuil spécial. Une chaîne sans fin du genre des chaînes Galle, engrenant avec un pignon ou tambour à broches de fer, soulève le mouton au moyen d'une griffe à pinces ordinaires qui s'ouvre spontanément quand elle arrive au point fixé pour la limite de la course. On peut varier sa position et la hauteur où la chute s'effectue en déplaçant les taquets qui produisent le déclanchement.

Cette machine est munie de sa chaudière ; elle doit être d'un bon service. Nous pensons néanmoins que les organes de la machine à vapeur proprement dite pourraient être plus forts et mieux proportionnés.

SECTION IV.

MOTEURS HYDRAULIQUES,

PAR M. TRESCA.

Les moteurs hydrauliques sont en petit nombre à l'Exposition, et aucun d'eux ne présente un caractère d'originalité qui le distingue, comme disposition générale ou comme principe, de ceux qui ont figuré dans les précédentes expositions; mais, cette observation faite, nous pouvons dire que la France est encore le pays qui paraît occuper le premier rang sous ce rapport.

§ 1er. — Roues.

FRANCE.

M. Sagebien s'est borné à envoyer un dessin d'une des roues hydrauliques qu'il a établies, en grand nombre déjà, dans l'Oise et dans la Seine-Inférieure. Ces roues à aubes, de grandes dimensions, dans lesquelles l'eau se débite en déversoir, à raison de 1,000 à 1,200 litres par mètre de largeur, donnent un effet utile considérable. Des expériences récentes que nous avons faites avec M. Faure, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, nous ont indiqué un rendement de 90 0/0. Nous nous proposons de répéter l'expérience sur d'autres roues du même genre, qui toutes jouissent de cette propriété de maintenir, dans chacune des aubes, un niveau presque constant; mais, abstraction faite du chiffre, les

faits déjà acquis ne nous laissent aucun doute sur la valeur pratique des résultats.

SUISSE.

L'exposition suisse présente une heureuse application à l'élévation de l'eau de la roue flottante du professeur Colladon. La paroi extérieure de cette roue est formée de deux surfaces concentriques en tôle, entre lesquelles on a disposé un hélicoïdal réalisant sous une forme particulière la pompe dite spirale de Wetmann. Des expériences faites en Suisse établissent un effet utile en eau élevée de 0.25 par rapport au travail disponible daus la section d'eau sur laquelle on opère. Cette disposition pourra sans doute rendre de grands services pour les irrigations : d'une facile application, d'un établissement peu dispendieux, elle est encore remarquable par la simplicité de tous ses organes et l'absence absolue de clapets.

A la suite d'expériences faites au Conservatoire des arts et métiers en 1850, cette pompe spirale de Wetmann est entrée dans la pratique, et plusieurs constructeurs français en ont fait l'application à l'agriculture ; on peut estimer qu'appréciée en elle-même, cette machine élévatoire rend un effet utile de 50 à 60 0/0.

§ 2 — Turbines.

FRANCE.

Les turbines, quoique peu variées, sont plus nombreuses que les roues à aubes.

MM. Fontaine et Brault sont les seuls constructeurs français qui aient envoyé leurs machines au palais de Kensington.

Les turbines de MM. Fontaine et Brault sont toutes deux du système dit *turbine-Fontaine* : elles reçoivent l'eau par

dessus et la perdent par dessous, après qu'elle a circulé entre des directrices courbes, qui constituent par leur ensemble une couronne fixe, et dans les aubes mêmes de l'organe récepteur. Les deux modèles sont de petites dimensions. Dans la turbine destinée à une chute de $1^m,30$, le vannage consiste simplement en deux plaques de gutta-percha qui peuvent s'enrouler sur deux cônes, opposés par le sommet, lorsque l'on veut ouvrir un plus grand nombre d'aubes. Cet enroulement se fait au moyen d'un pignon, dont les dents sont espacées assez irrégulièrement pour que l'augmentation du diamètre des cônes, par la superposition de la gutta-percha, n'empêche pas le jeu régulier du vannage. Pour utiliser cette machine dans les grandes eaux, MM. Fontaine et Brault ont disposé, comme ils l'ont proposé depuis longtemps, une seconde série d'aubes concentriques à la première, dont les orifices restent habituellement recouverts par des plaques de fonte mobiles à la main. La plus petite turbine est au contraire destinée à une grande chute (60 mètres), et l'alimentation se fait par deux orifices de section variable et bien disposés.

Nous citerons encore un petit modèle de M. Robert, dans lequel l'admission a lieu par dessous, dans des couronnes analogues à celles de M. Fontaine; l'action du liquide compense alors le poids de la turbine, que l'auteur désigne pour cette raison sous le nom de *high pressure balanced turbine*.

ANGLETERRE.

Les turbines de M. Schiele présentent un certain caractère de nouveauté : elles reçoivent l'eau par un canal circulaire à section décroissante, qui est extérieur à la turbine, et qui démasque, sur tout le pourtour, un orifice cylindrique armé de directrices, et pouvant être fermé par des vannettes, sur une portion plus ou moins grande de sa périphérie. Cette

eau, lancée horizontalement sur la roue, rencontre les aubes d'une double turbine, disposées de telle façon qu'une partie du liquide moteur descend par les aubes inférieures, tandis qu'une autre partie s'écoule par les aubes supérieures, dont la forme est plus recourbée. Il résulte de cette disposition que la turbine est toujours noyée, et que l'action de l'eau tend à équilibrer le poids de la turbine et à annuler la charge sur le pivot; mais les avantages de cet ingénieux principe semblent être en partie compensés par les pertes qui doivent, dans le modèle exposé, résulter du choc de l'eau sur la cloison séparative des deux couronnes, l'auteur n'ayant pas raccordé cette cloison avec les aubes pur des formes assez arrondies.

Une autre disposition de turbine semblable, mais à axe horizontal, réunit toutes les eaux de sortie dans un tuyau de même section que le tuyau d'amenée; l'eau doit alors sortir avec la vitesse absolue qu'elle avait à l'entrée, et l'on perd dès lors un des principaux avantages des turbines comme effet utile.

MM. Williamson frères font arriver l'eau de leur turbine par une couronne extérieure; mais le vannage est mécanique, et les détails du vannage rappellent assez bien les études faites par M. le général Poncelet sur ce genre de moteurs. Cette admission de l'eau par l'extérieur de la turbine paraît être, en Angleterre, le caractère le plus saillant de ces moteurs; cependant, MM. Donkin ont adopté la disposition Fontaine, admettant l'eau seulement sur deux secteurs opposés et chacun de 90 degrés. Au moyen de secteurs mobiles en fonte, pouvant glisser dans le plan des orifices habituellement maintenus dans les intervalles qui les séparent, ils peuvent, au besoin, fermer d'une manière symétrique un plus ou moins grand nombre d'orifices : c'est le secteur en gutta-percha de M. Fontaine qui se trouve remplacé par un vannage en fonte, mais avec le grave inconvénient de diminuer de moitié la surface disponible.

AUTRICHE.

La même observation s'applique au modèle exposé par l'usine de Jenback, dans le Tyrol autrichien : les deux couronnes d'une turbine-Fontaine sont placées dans un tube horizontal. La couronne des directrices est calée sur le tuyau même ; celle qui porte les aubes est calée sur un arbre central : l'eau entre et sort par deux tubulures verticales de même diamètre que le tuyau principal et venues de fonte avec lui, sans aucun raccordement.

RÉSUMÉ.

On voit par ces indications sommaires que dans la fabrication des moteurs hydrauliques, et sauf quelques détails secondaires, la France est, comme nous l'avons dit, plus avancée que les divers pays qui ont pris part à l'Exposition.

On peut s'étonner que les usines d'Angleterre, favorisées par la facilité des transports, n'aient exposé aucun moteur hydraulique vraiment industriel par ses dimensions. Cela tient sans doute à ce que les industriels de ce pays se préoccupent avant tout de placer leurs établissements dans les localités qui conviennent le mieux à l'alimentation des matières premières, à l'écoulement des produits, et au recrutement de la population ouvrière. La question du moteur, que la machine à vapeur sait toujours résoudre au moyen d'une certaine dépense de combustible, n'est plus, comme elle est trop souvent chez nous, l'objet de leurs préoccupations exclusives; ils aiment mieux laisser perdre une chute d'eau que de l'utiliser mal à propos, et le moteur hydraulique lui-même, quand il se trouve dans les conditions convenables, se trouve toujours accompagné d'une machine à vapeur. Il ne faut certainement pas rejeter de nos usines la puissance presque gratuite, mais quelquefois intermittente et incertaine,

que nous fournissent les cours d'eau. Mais la question principale, celle à laquelle toutes les autres considérations doivent être sacrifiées, c'est surtout, à notre époque de grande fabrication et de sérieuse concurrence, de choisir avec soin les meilleures conditions du bon marché, et d'assurer à la fabrication une régularité tout à fait indispensable.

SECTION V.

POMPES ET PRESSES,

PAR M. LUUYT.

---

§ 1er. — **Pompes diverses.**

Les différents systèmes de pompes sont représentés en grand nombre.

Parmi les pompes à chapelet, on remarque celle de M. Bastier (Royaume-Uni), formée d'une série de pistons circulaires en caoutchouc, se mouvant dans un tuyau de fer émaillé à l'intérieur. Afin d'éviter tout frottement, les pistons ont un diamètre un peu moindre que celui du tuyau, et celui-ci porte un léger rétrécissement à la partie inférieure, suffisant pour que les pistons y passent en frottant et s'opposent ainsi à toute perte d'eau. Cet appareil est d'une installation facile; nous pensons cependant que les autres systèmes de pompes doivent être préférés pour de grandes quantités d'eau ou pour de grandes hauteurs. Une autre pompe à chapelet, exposée par M. Murray (Royaume-Uni), formée de plateaux de bois solidement reliés par des chaînes de fer, et se mouvant dans une gaîne rectangulaire, est d'un emploi facile dans les épuisements temporaires.

Les pompes aspirantes et foulantes sont d'une variété infinie. Un grand nombre de constructeurs ont cherché à donner aux passages de l'eau et aux clapets des dimensions qui rendent aussi faibles que possible les pertes de forces vives. On s'est aussi attaché à donner un mouvement con-

tinu aux grandes colonnes d'eau ascendante, indépendamment de l'action du réservoir d'air. Ce résultat est obtenu dans la pompe de MM. Carrett, Marshall et C[e] (Royaume-Uni), très-analogue à la pompe exposée en 1855 par M. Perrin. Le piston plein y est conduit par une tige dont la section est la moitié de celle du piston lui-même; dans sa course ascendante, la surface supérieure refoule un volume d'eau dans la colonne ascendante, et la surface inférieure aspire un volume double; dans la course descendante, ces deux volumes sont envoyés dans la chambre de refoulement qui communique avec la face supérieure du piston; un des volumes d'eau y remplit l'espace libre produit par l'abaissement du piston; l'autre volume est envoyé dans le tuyau d'ascension. Ces pompes, de petite dimension, ne sont présentées que comme pompes à alimentation continue pour chaudières à vapeur.

Le mouvement uniforme de l'eau est obtenu d'une manière plus simple dans la pompe de MM. Farcot et fils (France), dans laquelle deux pistons égaux à clapets fournissant de très-larges passages, se meuvent parallèlement dans deux corps de pompe. Pendant la course descendante, le premier piston aspire par sa face supérieure et refoule l'eau dans la colonne ascendante, en la faisant passer au travers du second piston. Dans la course ascendante, le second piston élève à son tour la colonne d'eau par sa face supérieure, tandis que l'inférieure aspire l'eau en lui faisant traverser le premier piston. Cette pompe a donné tous les bons résultats que son ingénieuse construction permettait d'attendre, et elle est adoptée dans le service des eaux de Paris.

M. Letestu (France) a exposé ses pompes, déjà bien connues, ainsi qu'une pompe double de grande dimension pour épuisement. C'est surtout dans les travaux fournissant des eaux chargées de vase ou de gravier, que les pompes Letestu sont le plus heureusement utilisées.

La pompe de MM. Knowelden et Edwards (Royaume-Uni)

affecte la disposition générale d'une pompe à incendie, mais entre l'extrémité du piston et les clapets se trouve un diaphragme; l'espace libre entre le piston et cette membrane est rempli d'eau recouverte d'une couche d'huile, de sorte que le graissage du piston est toujours parfait, et qu'aucun liquide ni aucun corps étranger ne peuvent déranger le jeu du piston. Les quatre soupapes aspirantes et foulantes sont disposées sur un même boisseau, et peuvent être aisément visitées et réparées. Leur groupement présente cet avantage que, en retournant le boisseau, la pompe joue en sens inverse, et peut ainsi facilement purger le tuyau d'aspiration si des corps étrangers s'y introduisent, ainsi que cela arrive si fréquemment.

M. Perreaux (Royaume-Uni et France) expose des pistons-valves en caoutchouc. Le piston, d'une seule pièce, est creux en dessous, et se termine à la partie supérieure par deux lèvres minces habituellement fermées, et qui le sont d'autant plus hermétiquement que la pression supérieure est plus grande, mais qui s'ouvrent pour donner passage à l'eau inférieure dès que la pression de ce côté devient prédominante. Avec ce piston et une pièce pareille comme soupape de fond, on a une pompe d'une construction simple. Il faut cependant remarquer que la réparation du piston ne doit pas être praticable dans la plupart des cas, et que la résistance de la matière à l'ouverture et la petite section des orifices exigent un excédant de travail moteur qui deviendrait considérable dès que l'on s'éloignerait des petites dimensions.

Les pompes à force centrifuge sont représentées principalement par les systèmes Appold et Gwynne (Royaume-Uni).

Le premier, construit par MM. Easton, Amos et fils, avait obtenu un succès remarquable à la première Exposition universelle; le second, très-inférieur alors sous le rapport d'un bon emploi du travail moteur, s'est modifié si bien que, en l'absence d'expériences comparatives, on ne saurait auquel

des deux appareils donner la préférence, car ils ne diffèrent essentiellement que par la position de l'axe de la roue, qui est vertical dans le premier et horizontal dans le second. Nous croyons que ce système de pompes doit recevoir de nombreuses applications; par la simplicité de son établissement, par son travail sans choc, par l'emploi de machines à vapeur à grande vitesse, d'un transport et d'une installation faciles, il se prête fort bien aux grands épuisements temporaires.

Nous citerons aussi, pour la simplicité de la disposition des organes, la pompe d'épuisement de M. Godwin (Royaume-Uni), la pompe aspirante et foulante de M. Hansbrow (Californie), et les pompes de M. Hubert (France), qui alimentent les fontaines monumentales françaises placées en dehors de l'Exposition, sur les terrains réservés de la Société d'horticulture.

§ 2. — Pompes à vapeur.

MM. Harvey et Ce, de Hayle, chargés de plus de la moitié du service des eaux de Londres, ont exposé un modèle de leurs pompes à simple effet, imitées de la machine d'épuisement des mines du Cornwall; elles sont maintenant adoptées dans presque toutes les grandes villes. L'expérience comparative qui va être faite à Paris de ce système avec celui de MM. Farcot et fils, présentera un grand intérêt. Il est utile de rappeler à ce sujet que dans la machine du Cornwall, même dans les pompes d'épuisement des mines, où la masse en mouvement est le plus considérable, l'emploi de la détente n'a jamais été fait aussi complétement que l'on a dû le désirer. Le diamètre du piston a toujours été trop grand pour que l'on pût admettre la vapeur à la pression de la chaudière (3 ou 4 atmosphères), sans imprimer au système une vitesse nuisible; elle doit subir alors un étranglement qui détruit une grande partie du travail utilisable.

Un grand nombre de pompes alimentaires à vapeur se trouvent à l'Exposition, toutes avec les pistons à vapeur et à eau sur la même tige, quelquefois verticale, le plus souvent horizontale. On remarque deux pompes des États-Unis, de M Steele et de MM. Worthington et Lee. Elles sont sans volant. La première est composée d'un seul cylindre à vapeur et d'une pompe; le mouvement du tiroir est opéré d'une manière instantanée à chaque extrémité de la course du piston, au moyen d'un petit piston à vapeur supplémentaire d'une disposition fort ingénieuse. L'autre pompe est composée de deux cylindres de chaque espèce, le tiroir à vapeur étant dirigé dans chaque machine par la tige de l'autre; de cette manière les mouvements ont lieu simultanément en sens contraire avec une régularité parfaite.

§ 3. — Pompe à incendie ordinaire.

Quoique ces pompes aient la plus grande analogie avec un certain nombre de celles que nous venons d'examiner, nous avons été amené à les classer séparément parce qu'elles ont été l'objet d'un examen particulier. Des expériences ont été faites comme en 1851. A la date de la rédaction de ce rapport les résultats de ces expériences n'étaient pas encore réunis.

Quelques types nouveaux de pompes à bras se présentaient, mais ils n'ont pas donné aux essais de meilleurs résultats que les types anciens, et l'expérience ne s'est pas encore prononcée sur leurs avantages respectifs. Comme modification indépendante de la disposition de la pompe elle-même, on remarquait celle de M. le capitaine Fowke, du génie royal anglais, montée sur un chariot en forme d'affût attaché à un avant-train, ayant dans son ensemble beaucoup d'analogie avec l'attelage d'un canon. Cette disposition a été prise pour rendre le transport plus facile à travers tous les obstacles, condition nécessaire pour le service militaire auquel la pompe est destinée.

On sait que les pompes à incendie employées dans les grandes villes d'Angleterre sont d'une puissance considérable, et que certaines d'entre elles sont desservies par quarante-cinq hommes. La portée du jet est à peine plus grande que dans les pompes employées en France, mais le volume débité est trois ou quatre fois plus considérable. Les expériences consistaient à comparer le volume de l'eau débité par les pompes au volume engendré par les pistons, et surtout à comparer au débit de la pompe la quantité reçue dans des ouvertures placées à des distances et à des hauteurs variables. Cette méthode est éminemment recommandable, car elle donne une idée très-exacte des quantités d'eau qui peuvent être lancées sur un espace donné dans des conditions diverses, ce que l'on doit regarder comme l'effet véritablement utile d'une pompe à incendie. Le plan et l'exécution des expériences ont été très-habilement conduits par M. le capitaine Shaw, commandant des pompiers, sous la présidence de M. le duc de Sutherland.

§ 4. — Pompes à incendie à vapeur.

Les expériences ont été complétées par l'épreuve des pompes à vapeur. Elles n'étaient représentées à l'Exposition que par une pompe rotative des États-Unis construite par M. Lee, et de son plus petit modèle. M. Lee n'avait pas amené de pompe du modèle ordinaire et couramment employé en Amérique, et il a préféré ne pas concourir avec les autres pompes, dont l'une seulement a paru à l'Exposition le 1er juillet. C'est celle de M. Merryweather. Elle a été mise en expérience avec deux autres machines de dimensions et de dispositions différentes, appartenant à la brigade de pompiers de Londres, et construites par MM. Shand et Mason. La pompe de M. Merryweather et la plus grande des pompes de MM. Shand et Mason sont à cylindres horizontaux à double effet; la première n'a pas de volant, et le tiroir est conduit

par un renvoi de mouvement venant de la tige des pistons. On a cherché au moyen d'un ressort à faire démasquer brusquement les lumières d'admission, ce qui donne lieu à une série de chocs qui doivent fatiguer le mécanisme en peu de temps. La deuxième pompe de MM. Shand et Mason porte deux cylindres à vapeur et deux à eau, disposés verticalement Les essais ont commencé par l'allumage, et l'eau froide a atteint une pression de 100 livres par pouce carré (8 atmosphères) en douze minutes. Les deux grandes pompes, avec des orifices de 1 1/2 pouce (38 millimètres), et la plus petite avec 1 pouce, ont donné de bons résultats. Mais un tuyau qui s'est crevé à la pompe Merryweather ne lui a pas permis de suivre l'expérience jusqu'au bout. La pompe Shand et Mason a fonctionné pendant plus d'une heure sans que la pression de la vapeur diminuât.

Il est résulté pour nous de cette étude, que les pompes de petite dimension manœuvrées par dix ou douze hommes, ont l'avantage de pouvoir être amenées plus facilement et mises en jeu plus rapidement que les grandes pompes, et que celles-ci ont plus de puissance, attendu qu'il serait souvent difficile de faire concourir à un même but les efforts de trois petites pompes; mais que si l'on cherche des effets puissants, on a dans la vapeur une machine d'une force facilement supérieure à celle des plus grandes pompes à bras, et d'une manœuvre infiniment plus simple. A notre avis, il ne manque aux pompes à vapeur que d'être mieux connues pour remplacer les grandes pompes à bras; en laissant aux petites pompes la charge de porter les premiers secours, elles permettront de vaincre les grands incendies avec moins d'efforts que par le passé. Il ne faut pas oublier que les grandes pompes à bras, et surtout les pompes à vapeur, demandent une grande quantité d'eau, ce qui ne se rencontre malheureusement pas assez souvent, et qu'elles seraient plus nuisibles qu'utiles dans une ville qui n'en serait pas abondamment pourvue.

§ 5. — Échelles pour les incendies.

A côté des pompes, et souvent par les mêmes constructeurs, étaient exposés les *fire-escapes* en usage en Angleterre : ce sont de grandes échelles portant sur leur longueur une gaîne de toile dans laquelle peuvent se laisser glisser les personnes surprises par l'incendie et n'ayant plus la ressource de se sauver par les escaliers. L'appareil est monté sur roues et stationne en différents points de la ville; il y en a soixante-seize dans la ville de Londres. Toutes les nuits, ces échelles sont retirées des enclos et des cours, et restent sur la voie publique, où elles sont à la disposition immédiate du premier venu. Ce système paraît avoir sur l'échelle à crochet et sur le sac de toile des pompiers de Paris, cet avantage que tout le monde peut aisément le manœuvrer.

§ 6. — Béliers hydrauliques.

Les divers béliers hydrauliques exposés n'offrent pas de dispositions véritablement nouvelles, à l'exception de celui de M. Bollée (France). Par l'adoption d'un clapet analogue aux soupapes à double siége, il diminue considérablement l'intensité des chocs; la pompe alimentant le réservoir d'air, mise en mouvement par le jeu du bélier, mais toujours située au-dessus des plus hautes eaux, fonctionne même quand le bélier est noyé, ce qui permet de l'établir de manière à profiter de toute la hauteur de la chute. Enfin le clapet est équilibré à volonté par un balancier au moyen duquel on règle la vitesse de la machine. Il y a là un ensemble remarquable qui doit rendre plus fréquent l'usage de cette machine.

§ 7. — Presses hydrauliques.

Les presses exposées n'offrent pas d'autre caractère nouveau que les efforts tentés par quelques exposants pour perfectionner le mouvement des pompes. Nous citerons celle de MM. Peel, Williams et Peel (Royaume-Uni), dans laquelle les deux pompes, de diamètres différents, qui composent un jeu, fonctionnent toutes deux comme d'habitude jusqu'à une pression déterminée d'avance; l'effet de la grande pompe s'arrête alors, et la petite seule agit jusqu'au point fixé pour la pression maximum qui doit être atteinte, et où son jeu devient à son tour sans effet. Ces modifications du travail des pompes sont obtenues par le jeu très-ingénieux de deux soupapes de sûreté agissant sur le même levier. Ainsi, lorsque la pression atteint la première limite fixée, une soupape est soulevée et donne au levier un petit mouvement par lequel le refoulement est dirigé dans le réservoir initial au lieu de la presse; à la seconde limite, une autre soupape, entraînant l'ancien point d'appui du levier, annule à son tour de la même manière le jeu de la petite pompe. Dès que la pression redescend au-dessous de la seconde ou de la première limite, la petite pompe, puis la grande, reprennent leur travail utile.

Les pompes de M. Ward (Royaume-Uni) ont cherché un autre genre de simplification. La course des pompes des presses est généralement très-limitée; M. Ward a cherché à l'augmenter; il a disposé deux pompes de chaque côté du bâti d'une machine à vapeur horizontale; le mouvement est donné aux pistons par deux bielles conduites par une roue qui fait une révolution pour trois de l'arbre de la machine; les pompes ont ainsi une course triple des pompes ordinaires, et n'exigent que le tiers des soupapes et accessoires pour le même travail accompli. Le bâti de la machine est en même temps disposé pour servir de réservoir d'eau, ce qui deman-

derait que le cylindre à vapeur fût complétement isolé du bâti pour éviter le refroidissement.

M. Lecointe (France) a obtenu une simplification plus générale encore. Son appareil de pompes et de réservoir peut alimenter douze presses; il consiste en deux pompes foulantes dont le produit est amené dans un réservoir de capacité variable par le jeu d'un piston plongeur à mouvement vertical, chargé d'un poids correspondant à 80 ou 100 atmosphères. C'est ce réservoir qui distribue l'eau aux presses sous cette pression constante. Si les pompes fournissent plus d'eau qu'il n'en est consommé, le piston régulateur, arrivé près de l'extrémité de sa course, soulève un contre-poids dont la réaction annule aussitôt le jeu des pompes. L'efficacité est rendue à ce jeu aussitôt que le piston du réservoir s'abaisse; mais cette reprise est combinée de telle sorte qu'elle n'a lieu qu'au commencement de la course du piston, afin de refouler l'eau avec une vitesse d'abord très-faible, ce qui est essentiel pour la conservation de la machine. Le mécanisme régulateur est ingénieux, mais il faudrait chercher à éviter le choc bruyant de la bielle contre le levier de déclanchage, qui persiste tant que l'une des deux pompes n'est pas en action. A part cette observation de détail, la machine de M. Lecointe présente un perfectionnement très-important dans la production de la pression hydraulique, et le succès qu'elle a obtenu dans un grand nombre d'usines est parfaitement mérité.

SECTION VI.

MACHINES PNEUMATIQUES, POMPES A AIR, MACHINES A AIR CHAUD ET A GAZ, MACHINES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

MACHINES PNEUMATIQUES, VENTILATEURS, MACHINES SOUFFLANTES,

PAR M. LUUYT.

§ 1er. — Pompes à air.

Ces pompes sont surtout représentées par les machines à faire le vide pour l'évaporation des sirops dans la fabrication du sucre. Elles sont construites sur un modèle sensiblement uniforme : cylindre à vapeur vertical, balancier, bielle et volant. Les cylindres aspirateurs, au nombre de deux ou de quatre, en bronze, sont disposés de part et d'autre de l'axe du balancier. La construction de ces appareils n'a pas subi de modification depuis plusieurs années.

Nous rangerons dans cette classe les *exhausteurs* construits par M. Gargan, pour l'aspiration du gaz d'éclairage dans les cornues ; ces machines sont figurées par d'excellents dessins dus au talent de M. Fouché. On sait que les grandes usines, pour éviter d'énormes pertes, aspirent le gaz dans les cornues, afin que sa pression ne s'élève pas au-dessus de celle de l'atmosphère, tout en l'envoyant dans le gazomètre avec la pression nécessaire. Pour la distribution, on a déjà employé

des ventilateurs dans ce but. M. Gargan construit des machines aspirantes à trois cylindres parallèles à double effet, mues par une machine à vapeur. L'emploi de ces trois cylindres, qui puisent dans un petit gazomètre régulateur, suffit pour que le courant de gaz soit très-régulier. Ces machines, qui offrent sur les ventilateurs une grande économie de force motrice, sont adoptées par la Compagnie parisienne d'éclairage au gaz.

On remarque un instrument ingénieux de M. Silbermann : c'est une pompe à air pour les recherches physiques et chimiques ; elle est munie d'un robinet de fond percé de plusieurs ouvertures distribuées de telle façon que la pompe, qui est en communication avec trois récipients, peut aspirer ou refouler le gaz de l'un quelconque d'entre eux dans chacun des deux autres, à la volonté de l'opérateur, qui obtient ces changements par un simple tour de robinet.

§ 2. — Ventilateurs.

Parmi les divers ventilateurs exposés, on remarque ceux de MM. Lloyd (Royaume-Uni) et de M. Lemielle (France). Le premier figurait déjà à Paris à l'Exposition de 1851, et tous deux à Paris en 1855. Le premier se compose de lames dont la largeur décroît du centre à la circonférence ; ces lames sont comprises entre deux joues faisant corps avec elles, et assurant le complet entraînement de l'air qu'elles renferment. L'absence de fuites latérales est sans doute la cause du peu de bruit que fait cet appareil. Le ventilateur Lemielle, dont le jeu produit des chambres à air de capacité variable, agit plutôt comme une machine à piston ; il continue à donner d'excellents résultats dans la ventilation des mines, et il est employé comme source de vent dans plusieurs grandes usines.

La fonderie de North Moor (Royaume-Uni) expose un ventilateur breveté qui consiste en un ventilateur à ailes courbes

de largeur décroissante, monté sur le même axe qu'une turbine à vapeur qui les conduit; il est appliqué particulièrement à la ventilation des navires à voile et à vapeur.

La commission impériale et royale de l'hôpital militaire de Vienne pour la ventilation et le chauffage, expose un ventilateur de M. le docteur Heger. Cet instrument est composé d'une roue ayant le même axe que le tuyau qui le renferme, et des palettes inclinées sur cet axe, dont le mouvement rotatoire imprime un mouvement de translation à l'air compris dans le tuyau.

Les sections variables des surfaces, celles des orifices de passage de l'air sont disposées de manière à atténuer autant que possible les pertes de force vive. D'après les renseignements produits, cette machine aurait donné un effet utile de 55 0/0, ce qui est considérable pour un ventilateur.

§ 3. — Machines soufflantes.

Les machines soufflantes sont en petit nombre à l'Exposition de 1862. La machine verticale à balancier continue à être préférée en Angleterre. Une machine horizontale double, du système de M. Fossey, est exposée par M. Pérard (Belgique). L'admission et le refoulement de l'air ont lieu par des tiroirs circulaires placés sur les fonds des cylindres soufflants, qui portent seize ouvertures tracées dans le sens du rayon. Les tiroirs en ont autant. En tournant autour de leur centre, ils ouvrent et ferment simultanément toutes les ouvertures du cylindre. On obtient aussi une large section pour l'admission avec une faible vitesse de l'organe distributeur, qui ne fait qu'un tour sur seize accomplis par la machine. Pendant la période de refoulement, la pression sur les tiroirs est en grande partie compensée par la pression de l'air circulant dans un double fond spécial, ce qui s'oppose à la séparation qui tendrait à se produire, malgré les guides, entre les tiroirs

et les fonds du cylindre. A la vitesse de soixante et dix tours par minute, cette machine peut donner 150 mètres cubes d'air à la pression de 20 ou 24 centimètres de mercure. A l'exemple de la soufflerie de MM. Laurens et Thomas, elle est exempte du choc des clapets, malgré une grande vitesse des pistons, et elle présente sur son aînée cet avantage, que la vitesse des tiroirs y est faible, et que la pression sur ces organes étant équilibrée, ils ne sont pas exposés aux mêmes dérangements.

M. Holmgren (Suède) a exposé un modèle de machine soufflante à trois cylindres verticaux à simple effet. L'arbre moteur est placé en dessous, et la bielle se compose de quatre pièces de bois divergentes allant directement s'attacher au piston, dont les différentes positions ne seront plus parallèles entre elles. S'il était remplacé par une sphère de même diamètre que le cylindre, il aurait un jeu théoriquement aussi parfait que celui d'un piston cylindrique. Pour profiter de cette propriété, on a donné au piston une garniture de forme sphérique, et on a allongé la bielle autant que possible afin de diminuer l'amplitude des oscillations du piston. Cette disposition ingénieuse n'enlève pas à cette machine le défaut d'avoir une garniture moins efficace que celle d'un piston cylindrique, et d'être soumise à des effets de destruction bien plus considérables, puisque les efforts latéraux, qui, dans la construction ordinaire, sont supportés par des glissières ou par des parallélogrammes, sont ici transmis directement par le piston aux parois du cylindre.

M. J. Schaller (Autriche) expose des soufflets de forge et une forge portative dont le soufflet à double effet est cylindrique, et renfermé dans une caisse carrée en tôle portant à la partie supérieure le foyer et une petite hotte. Elle est adoptée par les services militaires.

§ 4. — **Appareils divers.**

Sous ce titre on a rassemblé un certain nombre d'appareils dévolus à la classe VIII, qu'il était difficile de répartir dans les diverses sections bien définies de la nomenclature officielle.

Le seul dont nous parlerons est l'appareil de M. le docteur Normandy pour la production de l'eau fraîche au moyen de l'eau de mer. L'eau est distillée par la vapeur provenant des chaudières du bâtiment, ou d'une chaudière spéciale sur un bâtiment à voiles. L'appareil est disposé de manière à recueillir avec la vapeur de l'eau évaporée tout l'air préalablement dissous dans cette eau et dans celle employée à la condensation, dont la température, à la partie supérieure du condenseur, atteint presque le point d'ébullition. Cette quantité totale d'air dépasse celle que l'eau douce peut dissoudre, en sorte que la condensation produit de l'eau parfaitement aérée. Il reste à la débarrasser du goût empyreumatique provenant de la distillation, ce qui est, paraît-il, obtenu de la manière la plus efficace par une filtration au charbon de bois. L'ensemble de l'appareil est d'une disposition simple et pratique, l'opération marchant entièrement d'elle-même, et ne demandant que le règlement de quelques robinets.

CHAPITRE II.

MACHINES A AIR CHAUD ET A GAZ,

PAR M. TRESCA.

Parmi les divers moyens proposés pour faire servir comme force motrice la chaleur dégagée par la combustion, les machines à air chaud et les machines à gaz ont, dans ces derniers temps, principalement occupé l'attention publique.

Le nombre de ces machines n'est cependant pas considé-

rable à l'Exposition, et l'on doit surtout trouver étrange que les systèmes les plus vantés par leurs inventeurs n'aient pas figuré à ce grand concours. N'ayant pu les juger à l'œuvre, nous n'aurons point à dire ce que nous en pensons, et nous citerons seulement parmi les machines à air celles d'Ericsson, de Wilcox et de Laubereau, cette dernière exposée par M. Schwarzkopf, de Berlin.

Deux machines à gaz ont aussi été exposées : ce sont celles de M. Lenoir et de M. Siemens.

La machine Ericsson, depuis longtemps abandonnée par la marine, a été simplifiée par la suppression du régénérateur, et agencée dans ses organes de transmission d'une manière nouvelle et tout à fait ingénieuse; elle a pris depuis quelques années en Amérique un grand essor. C'est cette circonstance qui nous avait engagé, l'an dernier, à faire, sur un modèle construit en France, des expériences suivies, dont nous avons rendu compte dans les *Annales du Conservatoire impérial des arts et métiers* et dans les *Annales des mines* En Allemagne, on utilise ce genre de machines dans un grand nombre de petites usines, et voici maintenant qu'en Angleterre des constructeurs distingués, M. James Napier et MM. Fawcett et Preston, se proposent de les fabriquer d'une manière courante. Le petit modèle que nous avons vu fonctionner chez M. Napier avait un mouvement plus régulier que celui sur lequel avaient été faites nos expériences précédentes : les temps morts étaient moins marqués, la construction plus soignée peut-être; mais toutes les dispositions sont restées les mêmes, et nous n'aurions rien à ajouter à la description que nous en avons déjà faite.

D'après les indications qui nous ont été fournies par le représentant de M. Ericsson, cette petite machine, de la puissance effective d'un cheval, dépenserait environ 4 kilogrammes de houille, par force de cheval et par heure. Ce chiffre, qui se rapproche beaucoup des nôtres, nous paraît la vraie mesure de sa consommation.

La suppression de la chaudière et l'impossibilité absolue de toute explosion rendent cette machine intéressante à d'autres titres; nous ne sommes donc pas étonné qu'elle ait un assez grand succès dans la petite fabrication. Nous ne pensons cependant pas qu'elle soit moins sujette à réparation que les machines ordinaires : les organes sont plus nombreux et moins bien équilibrés, et les soupapes, particulièrement, sont des organes délicats, surtout lorsqu'il s'agit d'emprisonner un gaz; enfin, le voisinage du foyer, par rapport à certaines parties mobiles, est bien encore de nature à faire croire que l'entretien de ces moteurs exige des soins assidus et dispendieux.

Nous le répétons avec plaisir, la machine Ericsson est réellement entrée dans la pratique; sa place est désormais marquée dans toutes les petites industries, dans celles-là surtout qui n'ont pas besoin de force motrice d'une manière continue, ou qui sont établies dans des conditions telles que l'installation d'une machine à vapeur avec sa chaudière y serait impossible, ou du moins fort difficile.

Les machines à air fonctionnant à une pression faible, sont toujours d'un très-grand volume par rapport à celui d'une machine à vapeur de même puissance, et nous ne croyons pas, pour cette raison, à leur application aux pompes à incendie.

Cependant, cette application a été faite par un exposant anglais, M. Neill, et l'on conçoit que lorsqu'il s'agit de pomper de petites quantités d'eau, cet accouplement d'une machine à air à une pompe puisse être d'une installation très-simple, et d'un prix de revient économique. On verra, par les expériences qui ont été faites sur les pompes à incendie à vapeur, qu'il leur faut donner une puissance de 5 à 6 chevaux, au minimum, et, par conséquent, bien au-delà de ce qu'on peut attendre d'une machine Ericsson facilement transportable.

On sait que cette machine à air fonctionne au moyen d'un

seul cylindre horizontal dans lequel se meuvent deux pistons. Par suite de leurs mouvements relatifs, ces pistons aspirent entre eux un certain volume d'air extérieur; ils le compriment ensuite, et le mettent en contact avec les parois chaudes du foyer, qui, en lui communiquant un excès de volume et de pression, lui permettent de produire le travail moteur.

La machine de Wilcox travaille d'une manière toute différente; elle se compose de deux cylindres verticaux : l'un est clos à la manière ordinaire avec un *stuffing-box* qui laisse passer la tige du piston; l'autre est sans fermeture supérieure, et voici comment ils fonctionnent : le cylindre fermé puise, par sa partie supérieure, l'air qui devra recevoir l'action de la chaleur; il le fait passer dans une série de canaux formés par des feuilles de tôle ondulée, reproduisant, sous une autre forme, le régénérateur à toiles métalliques d'Ericsson. Cet air acquiert une température un peu supérieure, dans le fond du cylindre découvert, en même temps qu'il agit mécaniquement sous son piston. Envoyé dans la chambre inférieure du premier cylindre, il produit une nouvelle quantité de travail sur le piston de ce cylindre, eu égard à la différence des volumes engendrés et à la différence des températures, qui résultent de ce que la partie la plus intense du foyer est directement placée au-dessous. Cet air n'est d'ailleurs rejeté dans l'atmosphère, pendant le mouvement descendant du piston, qu'en traversant le régénérateur, auquel il cède une portion de la chaleur qu'il a conservée après avoir effectué son travail. La distribution à robinet fonctionne sans bruit et sans choc, et par l'action même du régulateur se trouve mise à l'abri des températures élevées, qui ne sont à craindre que dans la partie inférieure et bombée en cul de bouteille des deux cylindres et des pistons.

Cette machine est très-grande pour la quantité de travail qu'elle fournit. D'après le dire de l'inventeur, elle produirait

le travail d'un cheval et demi avec une consommation de 7 livres 1/2 d'anthracite de bonne qualité. Cette consommation reviendrait à 3^f,40 par heure et par force de cheval, soit encore 4 kilogrammes environ en travail courant.

La machine Wilcox ne pèse pas moins de 1,900 kilogrammes avec ses accessoires; l'air en sort à une température qui ne dépasse guère 100 degrés. Nous ajouterons, en terminant cette description sommaire, que, par son prospectus même, M. Wilcox admet que les machines à air ne sont applicables qu'aux petites forces.

Dans les deux machines dont il vient d'être question, l'air aspiré à chaque pulsation sort aussitôt qu'il a fourni son travail : il se renouvelle pendant toute la durée du fonctionnement; mais il n'en est plus de même pour la machine Laubereau, qui fonctionne constamment avec le même air, alternativement échauffé et refroidi. Ces sortes de machines sont dites à déplacement; mais le refroidissement du fluide gazeux est fort difficile à obtenir avec rapidité, si l'on ne dispose pas d'une quantité d'eau froide souvent très-considérable. La machine qui est exposée, qui n'a pas la force d'un cheval, ne consomme pas moins de 15 pieds cubes d'air par heure : c'est plus que ne consommerait une machine à vapeur à condensation de même puissance. Le fabricant assure qu'il a déjà fourni en Prusse environ soixante de ces machines; mais leur simplicité apparente cache une grande complication, et la nécessité d'une si grande quantité d'eau nous paraît un défaut capital.

La seule machine vraiment pratique et reconnue telle par un usage suffisamment prolongé, est encore celle d'Ericsson, sous la forme bien simplifiée qui lui a été donnée dans ces derniers temps.

Quant aux machines à gaz, celle de Lenoir a seule fonctionné à l'Exposition. Améliorée dans quelques détails de construction, elle ne doit pas s'écarter beaucoup de la consommation indiquée dans les expériences que nous avons

publiées précédemment, et qui ont reçu en Allemagne une sanction bien singulière par la concordance des chiffres obtenus par M. Eyth. Avec cette consommation, que nous estimons à 2,500 litres de gaz par force de cheval et par heure, la machine Lenoir est encore très-intéressante pour certaines circonstances dans lesquelles la machine à vapeur présenterait des inconvénients. Elle a cela de particulier que, pourvu que la pile qui détermine l'inflammation soit en bon état, il suffit d'ouvrir le robinet de la conduite du gaz et de tourner deux ou trois fois au volant, pour obtenir immédiatement la force motrice. Elle consomme beaucoup, il est vrai, mais elle ne consomme que pendant le temps qu'elle travaille, et c'est là un grand avantage. Dans cette machine, l'air et le gaz qui doivent être brûlés sont aspirés ensemble pendant la moitié de la course; à ce moment, les lumières d'introduction se ferment, et presque aussitôt l'étincelle électrique vient enflammer le mélange, qui se dilate par la combustion et produit son travail moteur. Ici encore la pression motrice n'a lieu que pendant une partie de la course, mais elle est beaucoup plus grande que dans les machines à air, où il faut toujours comprimer avant de chauffer, et le travail d'alimentation est par conséquent moindre. A ce point de vue, la machine à gaz est préférable aux machines à air; mais elle fait usage pour son alimentation d'un produit déjà cher, et elle a besoin du concours de l'électricité pour que l'inflammation soit produite à l'instant le plus convenable.

Certaines difficultés ont été surmontées par la pratique : l'interposition d'un petit régulateur de pression, simple sac en caoutchouc, suffit maintenant pour qu'aucune action ne se communique aux gaz de la conduite extérieure; d'un autre côté, l'eau de refroidissement peut être aménagée de telle façon qu'elle serve à nouveau après s'être refroidie. Mais, pour nous, la propriété la plus importante et peut-être la moins connue des machines à gaz, est celle qui consiste dans la possibilité de remplacer l'hydrocarbure gazeux qui

sert à l'éclairage de nos villes, par un hydrocarbure liquide et volatil, dans lequel il suffit de faire passer l'air d'alimentation pour que celui-ci acquière les principes combustibles qu'enflammera et dilatera à l'aide de l'oxygène libre, qui fait partie de l'air aspiré, l'action intermittente de l'étincelle électrique. On pourra, dans certains cas spéciaux, mettre à profit cette propriété pour quelques machines locomobiles.

La machine à gaz de M. Siemens, quoique beaucoup plus complexe, repose sur les mêmes principes. Elle se compose de quatre cylindres principaux. Leurs tiges sont isolément articulées aux extrémités des quatre bras d'une même pièce à croisillons, dont le centre, en tournant, fait tourner l'extrémité d'une manivelle fixée à l'arbre moteur. Cette disposition très-ingénieuse, mais qui nous paraît difficile à établir en grand, permet aux divers pistons de se mouvoir simultanément en sens divers, et de compenser leurs actions les unes par les autres. Quant à la distribution, elle se fait, pour chacun des cylindres, par un même plateau à cames, monté sur l'arbre moteur, et agissant successivement sur les tiroirs de chacun d'eux.

On se rappelle que M. Siemens avait présenté à l'Exposition de 1855 une machine à vapeur régénérée très-intéressante; il cherche à obtenir le même effet avec sa machine à gaz actuelle, et il a en ce moment un très-grand succès dans l'application de ses nouveaux fours à gaz à plusieurs industrie.

La nouvelle machine motrice dont nous venons d'indiquer le but et les principaux organes, n'est pas encore arrivée à sa forme définitive. Nous devons donc conclure encore en disant que les machines à vapeur peuvent être aujourd'hui remplacées, mais dans des conditions toutes particulières, sans économie, et même avec excès de dépense ou d'entretien, par deux machines intéressantes, celle d'Ericsson et celle de Lenoir, qui paraissent surtout appli-

cables dans les cas où l'on n'a qu'un petit travail à développer, de 1 à 3 chevaux par exemple, d'une manière discontinue, et lorsqu'on veut absolument éviter l'emploi d'une chaudière à vapeur. C'est sous ces réserves seulement qu'elles nous paraissent constituer un auxiliaire utile; mais ce ne sont pas, comme on n'a pas craint de le dire, des engins nouveaux destinés à remplacer triomphalement les machines à vapeur.

C'est encore aider aux progrès sérieux que d'indiquer les limites réelles de la puissance des nouvelles inventions, et de les présenter sous leur véritable jour.

CHAPITRE III.

MACHINES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES,

PAR M. BECQUEREL.

Jusqu'à présent l'emploi de l'électricité comme force motrice n'a pu conduire qu'à des machines de faible puissance, et dont le prix de revient est très-élevé comparativement à celui des moteurs à vapeur (environ soixante à soixante et dix fois plus fort. Voir le *Rapport de l'Exposition universelle de* 1855, tome Ier, page 460) : aussi s'est-on borné, en général, à la construction de très-petits moteurs pouvant seulement être utilisés dans des circonstances particulières, et n'ayant qu'une importance industrielle restreinte. On doit remarquer, du reste, que cette année aucun de ces moteurs ne se trouve dans l'exposition française, et que les quelques modèles que l'on rencontre dans l'exposition anglaise n'offrent aucun intérêt. Il semble donc que les ingénieurs qui s'étaient occupés de ce sujet aient reconnu par expérience, comme on l'avait démontré par la théorie, que ce n'est pas dans la forme particulière des machines qu'il fallait chercher la so-

lution de la question, mais bien dans la construction d'autres couples voltaïques que ceux dont on a fait usage; or, jusqu'ici, les couples à acide azotique et à sulfate de cuivre ayant été préférés aux autres, en raison de leur force électromotrice élevée, de leur faible résistance à la conductibilité et de leur constance, à dépense égale, la solution de la question des moteurs électriques se trouve donc forcément ajournée.

Il n'en est pas de même pour les appareils magnéto-électriques, qui sont la contre-partie des moteurs électriques, et qui ont pour but de produire de l'électricité à l'aide d'aimants mis en mouvement par une force mécanique quelconque. On peut voir dans l'Annexe de l'Exposition deux machines de ce genre, qui donnent toutes les deux de l'électricité par le mouvement de rotation d'électro-aimants passant entre les pôles de puissants aimants artificiels. L'une appartient à la Compagnie française *l'Alliance*, représentée par son directeur M. Berlioz, et par M. Joseph Van Malderen, mécanicien; l'autre est exposée par M. Holmes. Elles reproduisent toutes les deux des appareils d'induction du genre de celui de Clarke, et ont une forme qui avait été imaginée à l'origine par M. Nollet.

L'appareil français est composé de deux machines ayant chacune quatre rouleaux de huit bobines chacun; cela fait trente-deux électro-aimants par machine, ou soixante-quatre en totalité. Les bobines, ou électro-aimants, sont munies de fer doux en forme de cylindre creux à l'intérieur; l'une de leurs arêtes est découpée afin d'éviter les courants induits. Leurs extrémités passent entre les pôles d'aimants permanents pesant chacun 12k,5, et portant environ trois fois leur poids. Le mouvement de rotation des rouleaux fait naître des courants induits alternativement de sens contraire qui se succèdent à des intervalles très-courts. Si, par exemple, la machine fait trois cents tours par minute, ou cinq tours par seconde, il y a dans chaque électro-aimant cinq fois huit ou quarante changements de sens de courant par seconde. Ces

courants alternatifs sont transmis dans des fils conducteurs en relation avec les extrémités des fils des bobines. Ce qu'il y a de remarquable et de plus nouveau dans cette machine, c'est qu'au point de vue de la chaleur produite par l'électricité ou bien de la lumière obtenue entre les pointes de charbon d'un régulateur de lumière électrique, la direction du courant électrique n'y entre pour rien; ainsi des courants alternatifs jouent le même rôle que des courants successifs ayant tous une même direction. D'après cela, la disposition prise pour recevoir les courants alternatifs est très-simple, et permet de supprimer le frottement des galets sur des poulies, la communication électrique ayant lieu à chaque extrémité de l'axe de rotation à l'aide des tourillons par les montants de la machine elle-même. Il est évident que l'axe doit être interrompu, comme conductibilité électrique, en un point quelconque, à l'aide d'une matière isolante.

La place que l'on avait assignée à la machine française n'a pas permis de chercher quel est le pouvoir éclairant de l'appareil photo-électrique qu'elle mettait en action dans les différentes conditions de disposition des bobines et des fils; mais nous pouvons rapporter les résultats d'expériences faites à l'administration des phares, à Paris, avec une machine de six rouleaux, chaque rouleau ayant seize électro-aimants, c'est-à-dire en faisant usage de quatre-vingt-seize électro-aimants en totalité, et de cinquante-six aimants permanents semblables à ceux dont on a parlé plus haut.

Nous rapportons ci-après le résumé de deux séries d'essais : la première faite avec une machine à vapeur, destinée à faire mouvoir l'appareil, qui avait la force de 1 cheval et demi environ, et qui consommait à peu près 6 kilogrammes de coke par heure. M. Degrand, ingénieur, a bien voulu nous donner communication du résultat des expériences. La seconde série comprend les déterminations faites en 1860 et 1861; nous en devons le résumé à l'obligeance de M. Allard, ingénieur en chef. Cse expériences ont été faites au moyen

d'une machine à vapeur de 2 chevaux, consommant 9 kilogrammes de houille par heure. Dans chacune d'elles l'intensité lumineuse est rapportée à celle d'une lampe Carcel brûlant 42 grammes d'huile à l'heure, et éclairant comme 7 bougies et demie ou 8 bougies : soit 8 bougies en nombre rond. Le régulateur de lumière électrique mis en action par l'appareil magnéto-électrique est celui de M Serin.

		INTENSITÉ lumineuse moyenne.	INTENSITÉ maximum lors des éclats.	INTENSITÉ minimum par instants.
1re série d'expériences — Machine de la force de 1 cheval 1/2.	Le régulateur de lumière électrique ayant des conducteurs en charbon de cornue	de 63 à 70 lampes Carcel.	»	»
	Id. avec du charbon pur (préparé par M. Jacquelain).................	200 lampes.	260	»
2e série. — Machine de 2 chevaux.	Le régulateur ayant des conducteurs en charbon de cornue............	de 180 à 190	de 250 à 280	de 120 à 130
	Id. avec des charbons purifiés. (Charbons de M. Curmer.)..........	de 200 à 220	jusqu'à 320	»

D'après la deuxième série d'expériences qui a duré le plus longtemps, on voit qu'en rapportant tout à un cheval de force dans le moteur à vapeur, on trouve qu'avec des conducteurs en charbon de cornue ordinaire dans le régulateur photo-électrique, on a une lumière qui est de 700 à 720 bougies en moyenne, et que dans les éclats lumineux avec le charbon pur, on peut aller jusqu'à 1,200 bougies. C'est-à-dire que pour une dépense très-minime, celle de 4 kilogrammes de coke par heure, on peut avoir une intensité de lumière constante qui n'est pas inférieure à 700 bougies, et qui peut aller à 1,200 bougies.

Il est aisé de voir que le prix de revient de cette source lumineuse est infiniment plus faible que celui des autres sources lumineuses en usage. Si l'on prend même pour point de

départ cet éclairage de 700 bougies, qui est une limite inférieure pour l'appareil, on a alors, d'après des déterminations expérimentales faites il y a quelques années (voir *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie*, 1856) :

SOURCES lumineuses.	POIDS des matières consommées pour l'intensité lumineuse égale à une bougie.	PRIX de la lumière équivalente à 700 bougies par heure.	OBSERVATIONS.
		fr. c.	
Lumière électrique. (Appareil magnéto-électrique.)	»	0 15	(Au prix de 3 fr. 50 c. les 100 kil. de coke.)
Gaz de la houille..	15 litres.	1 60	(Au prix de 0 fr. 15 c. le mètre cube.)
Idem..............	*Id.*	8 20	(Au prix de 0 fr. 30 c. le mètre cube.)
Huile de colza.....	5 gr. 10	6 10	(Au prix de 1 fr. 70 c. le kilogramme.)
Suif..............	10 gr. 55	12 60	(Au prix de 1 fr. 70 c. le kilogramme.)
Bougie stéarique..	10 gr. 40	26 20	(Au prix de 3 fr. 60 c. le kilogramme.)
Bougie de cire....	8 gr. 26	32 40	(Au prix de 5 fr. 60 c. le kilogramme.)

Il résulte de là que dans le cas le plus défavorable, le prix de revient de la lumière électrique obtenue à l'aide de l'appareil d'induction dont il est question ici est au moins dix fois moins élevé que la lumière produite par le gaz, au prix de vente du gaz de la houille à la ville de Paris, quarante fois moindre que celui de l'éclairage à l'huile, quatre-vingts fois moindre que celui de l'éclairage au suif, plus de cent soixante-dix fois moindre que celui de l'éclairage aux bougies stéariques, et environ deux cents fois moindre que celui des bougies de cire. Encore est-on au-dessous de la vérité, car nous n'avons pris que la limite inférieure comme production de lumière. Il est probable qu'avec de meilleurs charbons et un

autre arrangement des fils conducteurs autour des bobines, on obtiendrait plus d'effet utile.

Ce mode de production de lumière est donc le moins coûteux de tous ceux qui sont utilisés; mais il est nécessaire que l'on produise beaucoup de lumière à la fois et que l'on puisse utiliser ces foyers intenses, car la division de cette lumière en plusieurs arcs lumineux n'est pas possible; cette division est contraire au principe même d'après lequel l'arc voltaïque est engendré. Ce n'est donc que dans des cas particuliers que l'on peut en faire usage, et non pas dans le mode ordinaire d'éclairage public.

L'appareil anglais qui est exposé par M. Holmes est formé de deux grands rouleaux contenant chacun quarante et un électro-aimants; il y a donc quatre-vingt-deux bobines dans tout l'appareil; quatre-vingt-seize aimants permanents sont fixés tout autour. Chaque bobine est creuse comme dans l'appareil précédent, mais la lame de tôle qui sert à former la partie centrale est deux ou trois fois plus épaisse. D'un autre côté, deux grands galets en cuivre jaune roulent sur des commutateurs mis en rotation sur l'arbre même des rouleaux, et redressent à chaque instant les courants électriques inverses produits par induction. Les courants électriques reçus par le fil conjonctif ont donc toujours la même direction. Cette disposition serait nécessaire pour les opérations électro-chimiques, mais ne semble pas avantageuse pour les phénomènes lumineux et calorifiques. Nous n'avons pu faire dans le bâtiment de l'Exposition les comparaisons des quantités de lumière données par les deux appareils français et anglais; mais si l'on remarque que dans la machine française il n'y a pas de frottement de galets contre les commutateurs, et qu'en outre il n'y a pas de perte de courants par les étincelles qui éclatent sur ces commutateurs, on conçoit que cette machine se trouve dans des conditions plus avantageuses que la machine anglaise et doit donner de meilleurs résultats.

Quant à présent, la question de la production économique

de la lumière au moyen des machines magnéto-électriques nous paraît résolue, mais seulement dans les circonstances où l'on veut produire en un point donné une lumière très-vive et soutenue. Pour d'autres applications, ces appareils pourraient être avantageusement utilisés, mais en se servant de courants électriques dirigés dans le même sens. Déjà, comme on le sait, on les avait employés pour certaines opérations galvano-plastiques, non pas pour le dépôt de grandes masses de métaux tels que le cuivre, car la dépense en électricité serait trop élevée, mais dans le cas où il est nécessaire de recourir à une action régulière, et où la quantité d'électricité employée n'est pas grande, c'est-à-dire dans les circonstances où la main-d'œuvre entre pour beaucoup dans le travail : ainsi dans les dépôts d'or et d'argent. Il est donc probable que l'emploi de ces machines se généralisera.

SECTION VII.

INSTRUMENTS DE PESAGE ET DE MESURAGE, APPAREILS ENREGISTREURS,

PAR M. TRESCA

CHAPITRE PREMIER.

INSTRUMENTS DE PESAGE ET DE MESURAGE.

Bien que les appareils qui appartiennent à cette catégorie soient très-nombreux à l'Exposition, nous n'y avons trouvé ni une grande originalité ni améliorations importantes. Nous n'avons d'ailleurs à nous occuper que des instruments usuels, les appareils de précision appartenant à une autre classe.

Nos grands ponts à bascules reposent toujours sur le même principe ; M. Catenot-Béranger et M. Sagnier se maintiennent à la tête de cette industrie, et nous regrettons de n'avoir pas trouvé à l'Exposition une bascule américaine que nous avons vue dernièrement à Paris, et qui nous paraît d'une construction plus simple ; M. Schember, en Autriche, a imaginé une disposition de tablier qui lui permet de peser individuellement chacune des roues d'une locomotive, tout en laissant les deux rails complétement solidaires et parfaitement reliés par de fortes traverses ; M. Obach, de Belgique, a présenté une bascule à deux plateaux superposés qui occupent horizontalement une moindre place ;

M. Pfitzer, de la Saxe, a trouvé une jolie disposition de bascule à plateau élevé qui peut, jusqu'à un certain point, remplacer les balances ordinaires; M. Pintus, de Berlin, présente une collection complète de bascules, système Schöneman, qui sont employées par l'administration des postes, et dans lesquelles le fléau porte les couteaux, tandis que les coussinets, auxquels il donne une position renversée, appartiennent aux tiges de suspension des plateaux.

Les bascules en l'air sont parfaitement exécutées chez nos constructeurs français. M. Catenot-Béranger, entre autres, a imaginé quelques améliorations de détail, telles que la suppression, dans la balance dite de *Roberval,* d'une bride qui en augmentait inutilement la hauteur, et il s'est livré depuis quelque temps à la construction de nouvelles bascules à tabliers en tôle et poutrelles en fer.

L'instrument le plus nouveau de cette exposition est la bascule dite peso-mesureur, à l'aide de laquelle on peut, avec tous les poids, peser avec la bascule comme sur les balances ordinaires. Il en résulte qu'on peut aussi peser avec une certaine mesure de grain ou de liquide, et lire sur l'échelle du curseur le nombre qui exprime le rapport entre les deux volumes, comme on lit ordinairement le rapport entre les deux poids.

Cet instrument nous paraît avoir une grande importance, en ce qu'il permet, en pesant avec un litre de grains, de déterminer immédiatement et avec la plus grande exactitude la contenance d'un sac rempli de ce même grain, ou en pesant avec un litre de liquide le jaugeage exact d'une futaille. Si son emploi se généralisait, il exercerait certainement une influence des plus favorables sur la loyauté des transactions.

L'emploi, devenu de plus en plus général, des bascules pesant au dixième, contribuera pour sa part à faire apprécier partout les avantages du système métrique, que pratiquent maintenant, en totalité ou en partie, l'Espagne, le

Portugal, la Belgique, l'Italie, la Suisse, l'Autriche et même la Prusse. On s'est beaucoup occupé de cette question importante à l'Exposition, et des pétitions y ont été signées dans le but de faire faire un nouveau pas à la généralisation du système métrique, à l'adoption, par les différents peuples, de poids, de mesures et de monnaies uniformes. Le besoin de l'unité se fera sentir chaque jour davantage à mesure que s'étendront les relations commerciales que le nouveau régime industriel doit multiplier entre les peuples; il faudra bien, nous l'espérons, qu'un jour l'immobile et archaïque Angleterre se décide à reconnaître la nécessité d'une mesure qui trouve déjà chez elle un grand nombre de partisans dans les hommes de progrès. C'est elle seule qui, par le maintien systématique de ses mesures et de ses poids à subdivisions irrégulières, retarde le progrès universel.

CHAPITRE II.

APPAREILS ENREGISTREURS.

Nous comprenons sous cette dénomination générale tous les instruments qui sont d'un usage spécial dans les observations mécaniques, et qui fournissent par des nombres ou par des diagrammes, des données plus ou moins certaines sur la marche des instruments ou des phénomènes.

Bien que les compteurs à eau soient destinés à servir d'une manière plus générale aux besoins de la vie pratique, nous les avons rattachés à ce même titre, parce qu'ils enregistrent les quantités d'eau qu'ils débitent.

On prétend généralement que les administrations municipales sont depuis longues années à la recherche de compteurs à eau d'une exactitude convenable, et que cependant

aucun de ceux qu'elles ont mis à l'essai n'a jusqu'ici répondu d'une manière parfaitement satisfaisante aux besoins pour lesquels on les emploie. Nous sommes loin de partager cet avis, et nous pensons que la plupart d'entre eux indiquent le volume débité avec une approximation très-suffisante, et que la seule question embarrassante est relative aux impuretés dont l'eau peut être accidentellement chargée. Quant aux écarts que l'on reproche aux indicateurs de ces instruments, lorsque les pressions varient d'une manière notable, ils sont vraiment trop restreints pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte.

Le compteur qui a été soumis à la sanction de la plus longue expérience est, à notre connaissance, celui de M. Siemens: il se compose d'une petite turbine à eau qui doit être construite de façon que, quelle que soit la vitesse du liquide, la quantité d'eau écoulée ne cesse pas d'être approximativement proportionnelle au nombre de tours de la turbine, et ceux-ci sont comptés par la série des rouages habituels.

Nous avons fait récemment des expériences sur cette turbine, et nous avons trouvé ses indications très-suffisantes, même pour des variations de pression très-grandes; à peine la plus grande erreur s'élève-t-elle quelquefois à un centième du volume réel.

Les autres compteurs admis à l'Exposition sont fondés sur un principe différent : ils mesurent l'eau dans une capacité qui se vide après avoir été remplie. En général, cette capacité est un cylindre; l'appareil constitue alors une petite machine à colonne d'eau, munie d'une distribution que la tige même de ce piston fait mouvoir ; en réunissant deux cylindres à distributions solidaires avec les tiges des pistons, qui peuvent être d'ailleurs ou indépendants, ou calés sur deux manivelles adhérentes, et à angle droit l'une de l'autre, on évite plus facilement les temps morts, et l'appareil marche ordinairement avec plus de régularité.

Parmi les appareils de cette nature, nous ne citerons, comme présentant quelque nouveauté, que les deux suivants : le compteur de M. Frost et celui d'une société de Manchester. M. Frost remplace le cylindre unique d'un compteur-mesureur ordinaire, par une plaque de caoutchouc qui fait office de piston, comme la membrane de la pompe dite *des prêtres*, fait fonctionner les soupapes d'entrée ou de sortie à la fin de chaque course.

L'un des compteurs de la compagnie dite *Manchester Water-Meter Company,* a, au lieu de cylindres ordinaires, de simples gouttières en fonte bien dressées, sur lesquelles glissent d'autres gouttières semblables, faisant office de piston; cette combinaison, réalisée par l'exposant anglais Norton pour de petites pompes, permet de supprimer toute garniture, et paraît convenir parfaitement pour les eaux chaudes.

Le temps n'est pas éloigné où ces appareils, encore dans la période des essais, deviendront tout à fait pratiques et d'un usage général ; nous n'en voulons d'autres preuves que celle de la vulgarisation des compteurs à gaz, bien plus délicats cependant.

Les dynamomètres sont en très-petit nombre, surtout si, nous conformant à nos habitudes françaises, nous ne considérons pas comme tels de simples pesons à ressort, ayant uniquement pour but de donner la mesure d'un effort individuel; cette élimination faite, il ne reste plus à l'Exposition que quatre instruments : le dynamomètre anglais de Bentall, le dynamomètre américain de Neel, et les deux dynamomètres français de M. Taurines.

Deux de ces instruments sont destinés à mesurer les efforts de traction. Celui de Bentall est plus particulièrement applicable à l'essai des charrues, et il est muni de quatre roues parfaitement disposées pour s'adapter aux inégalités du sol, deux d'entre elles pouvant au besoin descendre dans le sillon précédemment fait. La pièce qui transmet l'action

est un ressort à boudin, et suivant qu'il est plus ou moins tendu, un petit galet de friction se déplace par rapport à un plateau dont le mouvement est toujours proportionnel au chemin parcouru par l'instrument sur le sol. L'enregistrement se fait au moyen d'un crayon qui marche lentement, tandis que le tambour qui reçoit le tracé, obéit à l'action rotative dont il vient d'être parlé. Le diagramme qui en résulte est une ligne légèrement ondulée, presque une hélice, dont l'inclinaison sur la droite du tambour permet de voir immédiatement si l'effort a été plus ou moins considérable. Cet appareil n'est pas d'une grande délicatesse, mais il est bien construit, et peut rendre des services à l'agriculture.

Le dynamomètre de traction de M. Taurines est fondé sur les mêmes principes que son dynamomètre de rotation, dont nous parlerons en détail un peu plus loin : ce sont toujours des ressorts courbes qui se redressent sous l'action d'une traction longitudinale, et qui fonctionnent les uns par l'effet des autres. Ce mode de construction utilise, pour la transmission de l'effort, la section presque entière du ressort, et c'est ce qui a permis à M. Taurines de faire, sur la poussée des hélices, des expériences qui vont jusqu'à mesurer un travail mécanique de 150 chevaux. Ce dynamomètre est le plus puissant que nous ayons vu; ses dimensions s nt cependant restreintes, et les résultats qu'il a permis de constater sont déjà remarquables. On ne peut, sans doute, arriver, avec ces faibles déplacements, à faire les expériences délicates auxquelles les dynamomètres de M. le général Morin se prêtent si facilement, mais leur importance n'est pas moindre dans une autre sphère d'action.

L'appareil de rotation de M. Neel a également pour objet d'augmenter le champ des observations à faire en diminuant la sensibilité des organes. Dans tous les instruments de ce genre, la connexion entre la poulie motrice et l'arbre-conduit se fait au moyen de ressorts qui se bandent, et c'est le déplacement relatif des deux arbres qui donne la

mesure de l'effort transmis. M. Neel a employé des ressorts à boudin placés suivant des axes parallèles à l'arbre, et il détermine la tension de ces ressorts par des plans inclinés solidaires avec eux, et poussés par des galets logés à l'intérieur de la poulie motrice. Les ressorts ne supportent alors que la composante de la pression, dirigée suivant leur axe ; ils se compriment peu pour un grand effort, et par conséquent permettent de donner la mesure d'actions considérables. Cet instrument ne trace pas, il compte, et son compteur repose sur le même principe que celui dont l'application a été faite avec plus de soin, il faut le dire, par M. Ernst, dans son planimètre.

Nous avons déjà fait connaître en quoi consiste le dynamomètre de rotation de M. Taurines, dont la construction repose sur le même principe que son dynamomètre de traction, c'est-à-dire sur l'emploi de ressorts multiplicateurs agissant les uns sur les autres. On jugera de la valeur de cet instrument par les résultats qu'il a permis de constater. Dès 1848, M. Taurines, ancien professeur de mathématiques aux écoles d'artillerie navale, fit ses premières expériences sur un canot à vapeur de 2 chevaux seulement, et avec plus de quarante hélices présentant une grande variété dans leurs formes. Ces expériences ont prouvé que pour des hélices de même diamètre, l'effet utile varie de 0^{m},68 à 0^{m},46, lorsque le pas varie lui-même de 0^{m},535 à 1^{m},400. Ces premières hélices n'avaient qu'un diamètre de 0^{m},50 seulement; mais à bord du *Primauguet* et avec le dynamomètre qui a figuré à l'Exposition de 1851, M. Taurines put entreprendre, en 1856, une nouvelle série d'expériences avec des hélices de 4 mètres de diamètre; la puissance transmise a, dans certaines circonstances, dépassé la force de 700 chevaux. Ces expériences, et d'autres encore qui ont été faites sur *l'Elorn*, montrent que pour ces engins de navigation, l'utilisation de la machine à vapeur est d'environ 70 0/0.

Enfin, un appareil dynamométrique pour une force de

1,200 chevaux, a été construit pour *l'Impérial*, et les essais de réception ont démontré qu'il répondait parfaitement à son but. Il en est à regretter que, par suite des exigences de service, aucune expérience n'ait pu encore être faite avec ce dynamomètre tout à fait exceptionnel.

Les belles expériences faites sur *l'Elorn* avec quarante-huit hélices différentes par MM. Gay et Guède, ingénieurs de la marine, à l'aide des appareils dynamométriques de M. Taurines, n'ont pas encore été publiées : nous savons cependant qu'elles résolvent d'une manière complète un grand nombre de questions importantes. Ainsi la résistance, le moment de rotation, l'avance, le recul, l'utilisation, ont pu être déterminés avec une grande exactitude. Les auteurs en ont conclu, entre autres choses, que l'hélice à deux ailes était, pour les grandes vitesses et pour les grands pas, toujours supérieure aux hélices à quatre ailes ; et sans entrer dans d'autres détails, il nous suffira d'ajouter que l'ingénieur auquel on doit des résultats de cet intérêt, qui les a poursuivis à travers mille difficultés, et en y consacrant des sommes considérables, a rendu à son pays de grands services scientifiques, qui mériteraient d'être largement récompensés. La France doit aux instruments de M. Taurines la connaissance la plus complète de la puissance réelle de ses navires, et elle y a puisé de précieux enseignements pour ses constructions futures.

Nous n'avons presque rien à dire sur les indicateurs de pression. En Angleterre, comme en France, on leur donne des dimensions trop grandes, et les phénomènes de lancé jouent un trop grand rôle dans la plupart des diagrammes que certains constructeurs ont eu soin de montrer à côté même de leurs machines à vapeur. Les indicateurs que j'ai fait construire pour mon usage, dont toutes les parties mobiles sont en aluminium, et qui sont protégés, comme les machines elles-mêmes, contre tout refroidissement, par des enveloppes de vapeur, sont certainement bien supérieurs à ceux qui sont en usage en Angleterre. Ayons donc soin de

garder nos instruments, mais tirons de l'Exposition ce profit, d'apprendre à nous en servir davantage, et étudions comme nos voisins, à des intervalles rapprochés, le fonctionnement de nos machines, au lieu de les mettre en réparation seulement quand elles ne peuvent plus fonctionner.

Citons cependant un petit indicateur de M. Richard, qui fonctionne très-bien, et dans lequel le crayon, au lieu d'être directement fixé sur la tige du piston, est porté par une sorte de parallélogramme qui amplifie ses mouvements dans une assez grande proportion.

Un instrument de M. Valtjen et Ce, de Brême, mérite aussi une mention particulière : c'est une sorte de frein de Prony, disposé pour mesurer la résistance due au frottement d'un arbre de rotation : le mouvement est transmis à cet arbre par un plateau muni d'un galet qui peut s'approcher ou s'éloigner de son centre. On peut ainsi faire varier les vitesses dans une grande proportion : le frein résiste à l'entraînement, et au moyen d'une vis qui détermine le déplacement d'un poids mobile, il est facile à chaque instant, et pour chaque intensité de la résistance, de rétablir l'équilibre.

En résumé, les appareils de M. Taurines constituent le perfectionnement le plus considérable dans les instruments de ce genre, et la France n'a rien à envier aux autres peuples pour ces instruments de précision. Nous en trouverions d'ailleurs une preuve surabondante dans cette circonstance, que depuis quelques années, un grand nombre de dynamomètres de M. le général Morin ont été demandés par les établissements techniques qui se sont formés dans diverses contrées de l'Europe sur le modèle de notre Conservatoire des arts et métiers.

CLASSE IX.

MACHINES ET INSTRUMENTS D'AGRICULTURE,

PAR M. HERVÉ-MANGON,

INGÉNIEUR AU CORPS IMPÉRIAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

SOMMAIRE

CLASSE IX.

MACHINES ET INSTRUMENTS D'AGRICULTURE,

PAR M. HERVÉ-MANGON.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

La mécanique agricole a pris, depuis quelques années, un développement extraordinaire. Elle constitue maintenant l'une des branches importantes de la science des machines.

Pour l'observateur sérieux qui parcourt les campagnes et les solennités agricoles, pour le propriétaire qui constate l'augmentation croissante du prix de la main-d'œuvre et le nivellement des prix de vente que tendent à produire les voies nouvelles de communication, le doute n'est plus permis : il faut, de toute nécessité, que l'agriculteur ait recours partout à des moyens nouveaux et économiques de production. La science qui a créé l'industrie moderne doit à son tour transformer l'agriculture. Les chefs d'exploitation ne peuvent plus rester étrangers aux notions de mécanique, de physique, de chimie et d'histoire naturelle. Les ouvriers ruraux, pour devenir des aides dignes de leurs chefs, doivent recevoir une plus large part d'instruction élémentaire, car

aucune industrie ne réclame des ouvriers plus attentifs, plus intelligents, plus moraux, que l'agriculture moderne.

Les faits se chargent de répondre chaque jour aux personnes qui mettent encore en doute les services que l'agriculture peut attendre des sciences mécaniques. Une observation à cet égard ne sera cependant pas inutile pour expliquer certaines critiques trop souvent reproduites sans examen. Le but à atteindre et le moyen le plus simple de réalisation varient d'un pays à l'autre : il faut donc bien se garder de confondre la position d'un problème et sa solution, comme le font à tort les personnes qui s'occupent de mécanique agricole d'une manière trop superficielle.

S'agit-il, par exemple, de travailler la terre ? Sa constitution physique et chimique, le climat, la nature de la végétation spontanée, mille circonstances enfin qui passent inaperçues pour l'observateur inattentif, modifient les conditions à remplir, et rendent détestable ici un instrument excellent ailleurs. Est-ce à dire que la mécanique n'a aucun principe fixe et que la routine est son meilleur guide ? Non assurément. Les principes sont les mêmes partout ; quand on croit les mettre en contradiction avec la pratique, c'est qu'ils ont été mal appliqués, que le problème a été mal posé, et que la solution proposée ne s'applique pas à la question donnée. Autant vaudrait accuser l'arithmétique d'une addition mal faite que la science des machines de semblables erreurs.

La Commission royale d'Angleterre, chargée de l'organisation de l'Exposition, avait décidé qu'il ne serait pas fait d'essais des machines agricoles. Cette décision, regrettable à beaucoup d'égards, est particulièrement fâcheuse pour la France, car plusieurs de nos appareils auraient obtenu un incontestable succès dans une expérience sérieuse. Pour combler, autant que possible, la lacune laissée par la suppression des essais, je reproduirai, dans ce rapport, quelques-uns des résultats obtenus dans les derniers concours de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, auxquels j'ai pu assister.

La France ne comptait dans la classe IX que quarante et un exposants. Quelques-uns de nos grands fabricants s'étaient malheureusement abstenus. On pouvait cependant apprécier facilement les développements rapides de cette branche de notre industrie. Plusieurs de nos fabriques d'instruments agricoles comptent chacune plusieurs centaines d'ouvriers, et leurs produits, justement appréciés à l'étranger, donnent lieu à un commerce d'exportation déjà considérable. On sait d'ailleurs que beaucoup d'ouvriers intelligents et de petits fabricants établis dans les campagnes, construisent, soit entièrement, soit en achetant dans les grandes usines certaines pièces métalliques, de bons instruments, souvent remarquables par des dispositions fort originales, et qui concourent, pour une très-large part, à répandre dans nos départements l'emploi d'un matériel agricole perfectionné. C'est donc avec raison que les auteurs du catalogue français ont fait observer que notre exposition, quoique très-remarquable en elle-même, était loin d'exprimer l'universalité des progrès réalisés depuis quelques années dans le matériel agricole des plus modestes localités.

On reproche souvent aux instruments anglais leur prix élevé. Ce reproche exige une observation. La différence des services rendus par un bon et par un mauvais instrument est toujours plus grande que la différence de leur prix d'achat. Rien de mieux assurément que l'économie du matériel agricole; mais, avant d'insister sur l'abaissement du prix des machines, il convient d'abord d'insister sur leur bonne et solide exécution. Rien n'est plus coûteux, pour celui qui l'emploie, qu'un instrument à bon marché, fait au rabais, avec des matériaux médiocres et mal travaillés.

Un volume ne suffirait pas, à beaucoup près, pour traiter les nombreuses questions réservées à l'examen de la classe chargée de l'étude du matériel agricole et des principales améliorations foncières. Obligé de me renfermer dans les limites imposées à ce rapport, je me bornerai à mentionner les machines nouvelles ou véritablement utiles.

Il serait impossible, dans un travail aussi peu étendu, de suivre pas à pas la classification officielle anglaise (1). On se bornera donc à se rapprocher, autant que possible, de ses divisions principales, qui diffèrent assez peu, d'ailleurs, de celles des programmes des concours français. Ce rapport sera donc divisé en six sections, savoir :

1° Instruments pour la préparation du sol; culture à vapeur;

2° Semoirs, distributeurs d'engrais, houes à cheval;

3° Appareils de récolte;

4° Machines de granges et de cours; ustensiles de laiterie; véhicules et harnais;

5° Drainage, desséchements, irrigations;

6° Machines et outils de jardinage; objets divers.

---

(1) Cette énumération occupe, pour la classe IX seulement, deux pages de la classification anglaise. Ce chiffre indique assez, à lui seul, la variété des objets soumis à l'examen de cette classe

SECTION I.

INSTRUMENTS POUR LA PRÉPARATION DU SOL, CULTURE A VAPEUR.

CHAPITRE PREMIER.

CHARRUES.

La charrue est à bon droit l'un des symboles du travail rural. L'étude de cet instrument essentiel doit donc précéder celle de tous les autres appareils destinés à la préparation du sol.

Les charrues anglaises sont, pour les uns, l'objet d'une vive admiration, pour les autres le sujet de critiques sévères. Les premiers, à l'appui de leur opinion, montrent les champs de l'Angleterre, dont la terre est si admirablement préparée; les autres répondent que la charrue anglaise, malgré de nombreux essais, se répand à peine sur le continent. Quelques remarques préliminaires à cet égard doivent nécessairement trouver place ici, avant d'aborder l'examen des instruments de cette classe exposés au palais de Kensington.

Plusieurs dispositions des charrues anglaises sont incontestablement bonnes à imiter. La longueur des mancherons, la position bien choisie du point d'attache des animaux, le solide agencement des différentes parties de l'instrument, sont généralement appréciés. Mais la grande longueur du versoir, la douceur des courbures qu'il présente, son raccor-

dement avec le soc, étonnent les cultivateurs du continent, et font quelquefois l'objet de leurs critiques. Ces dispositions, cependant, s'expliquent facilement.

En Angleterre, le travail de la terre s'exécute généralement à l'aide de plusieurs instruments employés successivement. La charrue divise le sol et le retourne par bandes parallèles parfaitement régulières. Un second labour, perpendiculaire au premier, vient ensuite, presque toujours, couper les bandes du sol en prismes d'égale longueur. Ceux-ci, à leur tour, sont soumis à l'action de scarificateurs, de rouleaux brise-mottes, de herses énergiques, qui émiettent complétement le sol et régularisent parfaitement la surface.

Les cultivateurs anglais regardent donc comme la meilleure, toutes choses égales d'ailleurs, la charrue qui coupe la bande de terre le plus nettement possible et la retourne sans la briser. C'est le but que se proposent tous les bons constructeurs de charrues ordinaires, qui ne modifient les formes de leurs instruments que dans les limites très-étroites imposées par les diverses natures du sol.

Sur le continent, au contraire, on demande généralement à la charrue, non-seulement de couper le sol en bandes et de le retourner, mais encore de lui faire subir un émiettement plus ou moins complet.

En réalité, on désigne sous le nom unique de *charrue* des instruments dont les fonctions sont assez différentes. Il ne faut donc point juger une charrue d'une manière abstraite; il faut, au contraire, apprécier l'ensemble du système de machines dont elle n'est que l'un des organes, et se borner à juger le degré de perfection avec lequel cet organe remplit la fonction particulière qui lui est attribuée.

Si les essais de charrues anglaises faits en France n'ont point satisfait tous les praticiens, cela tient, entre autres causes, à ce qu'on n'a pas importé en même temps les instruments destinés à l'accompagner, pour compléter et terminer son travail. On lui a demandé d'émietter le sol, ce qui

n'est point son rôle, et on lui a reproché l'impuissance de nos herses légères sur les sillons de formes géométriques qu'elle prépare pour le passage des instruments suffisamment énergiques employés dans les fermes anglaises.

Les charrues des bons constructeurs anglais résolvent de la manière la plus remarquable le problème du labourage posé comme on le fait en Angleterre. Mais pourquoi, se demandera-t-on, le problème du labourage est-il posé en Angleterre autrement qu'il ne l'est ordinairement sur le continent?

Les fermiers des pays d'herbages des côtes de Normandie peuvent seuls comprendre avec quelle énergie le sol tend à s'herber dans presque toutes les parties de l'Angleterre. Un climat doux, souvent brumeux, des rosées abondantes et presque journalières font la richesse des herbages, et donnent au sol une propension vraiment incroyable au gazonnement. Lutter continuellement contre l'envahissement de l'herbe est une condition essentielle de la culture des terres arables. Or, le gazon de chaque bande de terre coupée régulièrement, retournée et même un peu tassée contre la bande précédente, se trouve complétement à l'abri de l'air; l'herbe jaunit en quelques jours, pourrit rapidement, et ne repousse pas comme elle le ferait après le passage de charrues brisant la surface des bandes de terre, ne les appliquant pas exactement les unes contre les autres, et laissant à l'air un libre accès entre les fragments de terre plus ou moins irréguliers.

Tel est assurément l'un des motifs de la forme des bons versoirs anglais; motif utile à signaler, car il prouve, une fois de plus, combien le climat, la nature du sol et une foule de circonstances, que les étrangers n'ont point le temps d'analyser en traversant un pays, et que les agriculteurs indigènes eux-mêmes ne constatent pas, faute de termes de comparaison, influent sur la solution mécanique des problèmes agricoles, problèmes que des mécaniciens instruits résolvent toujours bien, quand ils sont convenable-

ment posés par des agriculteurs préparés par des études sérieuses à l'observation intelligente des faits pratiques.

Sans entrer, faute d'espace, dans de plus longs détails sur les conditions qui déterminent dans chaque pays les formes de la charrue, conditions essentielles et cependant trop souvent négligées par les mécaniciens et par les agriculteurs eux-mêmes, on comprendra, d'après ce qui précède, que les charrues doivent varier d'un pays à l'autre, non-seulement avec le but à atteindre, mais encore avec l'ensemble du matériel agricole de chaque contrée.

On rencontre encore fréquemment dans les campagnes anglaises beaucoup de charrues avec un age en bois; mais dans les concours les charrues sont entièrement en fer. Les grands constructeurs n'en font pour ainsi dire pas d'autres. Ici encore se pose une question bien souvent agitée : est-il préférable de faire l'age des charrues en bois ou de le construire en fer? La charrue, sous sa grossièreté apparente, est en réalité un instrument de précision; de très-légers déplacements relatifs de son point d'attelage et de ses principaux organes peuvent changer, dans une notable proportion, l'effort nécessaire à sa conduite. C'est dire assez que le fer, en principe, est préférable au bois dans la construction de ses diverses parties. On voit, en effet, les charrues de bois faire place peu à peu aux charrues de fer dans les parties avancées de la France, et l'on ne saurait douter que cette tendance ne devienne de plus en plus générale. Ce qui ne veut pas dire que, dès à présent, je conseillerais partout l'adoption de charrues entièrement en fer : dans les pays dépourvus d'ouvriers adroits et soigneux, l'age en bois doit être préféré. La décision de chaque cultivateur dépend, en cette matière, du personnel dont il dispose, du caractère plus ou moins industriel de la région qu'il habite.

La construction des charrues atteint en Angleterre, comme exécution, un degré de perfection des plus remarquables. Parmi les causes nombreuses et trop longues à indiquer en

détail de ce fait incontestable, il en est une à mentionner, et dont l'importance sera facilement appréciée des constructeurs : c'est le développement considérable des usines spécialement consacrées à cette fabrication.

M. Howard, par exemple, le plus grand constructeur de charrues de l'Angleterre, en fabrique, d'après sa déclaration qui ne semble pas exagérée, de cinq à six mille par année. Son usine de Bedfort, établie entre un canal et un chemin de fer, reçoit, par la première de ces voies de communication, le fer, la fonte et la houille, et expédie, par le chemin de fer, les charrues fabriquées. La fonderie, la forge, l'ajustage, tout se fait dans l'établissement. Les ouvriers exécutent toujours chacun le même travail, et, secondés par un outillage parfait, produisent des appareils dont toutes les parties présentent un degré de perfection que l'on croirait impossible à obtenir dans une fabrication courante.

Il existe en France quelques usines justement renommées pour la bonne qualité des charrues qu'elles produisent; il est vivement à désirer qu'elles prennent encore plus de développement, et que quelques mécaniciens disposant de capitaux suffisants et possédant des connaissances théoriques et pratiques étendues, consacrent exclusivement leurs efforts à la fabrication de charrues montées ou de leurs pièces principales, dont l'assemblage se ferait par les ouvriers des campagnes, comme on le voit déjà dans beaucoup de départements. La fabrication en grand laisse une marge suffisante entre le prix de revient et le prix de vente pour donner un beau bénéfice, tout en assurant aux consommateurs de grands avantages comme exécution et qualité de matériaux.

Je dois signaler encore un détail d'exécution fort important pour nos fabricants, et qui a pu passer inaperçu pour beaucoup de personnes. La fonte joue un rôle énorme dans la fabrication des instruments agricoles en Angleterre et, en particulier, dans la construction des charrues. On la trouve, en effet, sous trois états différents : à l'état de fonte *moulée*

ordinaire, à l'état de fonte coulée en coquille, ou, pour parler plus exactement, à l'état de fonte *trempée*, pour toutes les pièces qui exigent une grande dureté et que nous faisons ordinairement en acier, tels que les socs, les pieds de scarificateurs, et, enfin, à l'état de fonte *malléable*, mode d'emploi à peine pratiqué chez nous en agriculture, jusqu'à présent, et dont l'usage se répand d'une manière très-rapide en Angleterre. Je ne saurais assez appeler l'attention de nos grands fabricants français de machines agricoles sur cette matière. Tout établissement de quelque importance ne doit pas hésiter à monter un four pour cette fabrication, très-facile quand on y apporte des soins et qu'on ne s'occupe que d'un nombre de pièces limité, ce qui ne peut avoir lieu dans les fonderies où l'on fait toute espèce d'objets à façon, et où, par conséquent, on ne peut pas adopter, pour chaque pièce, les dosages et les durées de chauffe les plus convenables à ses formes et à ses dimensions spéciales.

Les constructeurs anglais polissent soigneusement leurs versoirs à la meule pour diminuer, autant que possible, le frottement et l'adhérence du sol. Autant le luxe d'un polissage inutile est déplacé dans les machines agricoles, autant il importe de ne pas négliger cette opération dans les pièces qui en ont véritablement besoin.

En résumé, nous pouvons emprunter beaucoup aux charrues anglaises, soit comme forme, soit comme exécution, mais en évitant de copier servilement les dispositions qui ne conviennent qu'à un climat spécial, ou qui entraîneraient comme conséquence l'adoption d'instruments que repousseraient encore nos pratiques locales. Il appartient à nos grands fabricants de charrues de chercher à modifier quelques types principaux, par de simples changements de pièces mobiles, de manière à satisfaire aux besoins ou aux usages des diverses parties de la France, sans introduire dans leur fabrication une multiplicité de modèles incompatible avec une production économique et régulière.

§ 1er. — Charrues anglaises.

Après ces observations générales, arrivons à l'examen plus détaillé des appareils exposés, en commençant par l'Angleterre, dont les produits sont naturellement plus importants et plus nombreux que ceux des autres pays.

Depuis 1855, et même depuis 1851, les charrues anglaises n'ont reçu que de légères modifications. Tous les fabricants se sont insensiblement rapprochés des modèles qui, dès lors, étaient considérés comme les plus perfectionnés. A la tête de cette fabrication se placent encore MM. J. et F. Howard, dont les ateliers sont un des plus frappants exemples de la force productive de l'Angleterre; M. Hornsby, M. Ransomes, et plusieurs autres.

Les charrues ordinaires de M. Howard sont trop connues pour qu'il soit utile de nous y arrêter; nous mentionnerons seulement : une charrue à arracher les pommes de terre, dont le versoir est remplacé par une série de barres arrondies disposées à peu près suivant les génératrices d'un demi-cône dont le soc serait le sommet; le travail de cet instrument est, dit-on, très-satisfaisant; une charrue sous-sol, sans versoir, d'une extrême solidité et d'une grande simplicité; enfin, les petits chariots pour transporter les charrues de la ferme aux champs, et réciproquement, dont le prix n'est que de 10 francs et dont l'usage est excellent.

Les charrues de M. Hornsby présentent plusieurs dispositions remarquables dans l'assemblage des rouelles et dans celui du soc, mais qui exigent une grande précision d'ajustage. Beaucoup d'autres fabricants ont exposé des charrues très-recommandables et offrant chacune quelque particularité digne d'attention, mais qu'il serait impossible de faire connaître sans dépasser de beaucoup les limites de ce rapport.

Je dois encore ajouter que l'emploi des labours croisés est très-répandu en Angleterre, et que les cultivateurs éclairés

leur attribuent les meilleurs résultats. On conçoit, en effet, que ce procédé aère et divise le sol d'une manière parfaite, et qu'il favorise admirablement l'action si efficace des météores sur la couche arable.

2. — Charrues françaises.

Bien que quelques-uns de nos meilleurs fabricants de charrues se fussent abstenus d'exposer à Londres cette année, l'exposition française offrait plusieurs appareils intéressants par leur nouveauté et l'esprit d'invention qui les caractérise.

Dans la collection de M. Bella, de Grignon, on remarquait, entre autres appareils : 1° un versoir de charrue garni à sa partie inférieure et postérieure d'un appendice destiné à aider au renversement de la bande de terre, non plus en pressant sur elle de haut en bas, ce qui diminue la stabilité de la charrue, mais de bas en haut ; 2° un versoir en cuivre et un autre garni de petits éperons en bois, spécialement destinés l'un et l'autre aux terrains calcaires, dont l'adhérence aux instruments rend le retournement difficile ; 3° une charrue à versoir mobile pour remonter la terre quand on laboure des terrains inclinés perpendiculairement à leur pente; 4° une charrue à défoncements, munie d'un fouilleur pour mêler successivement le sous-sol au sol.

Parmi les objets exposés par M. Ganneron, se trouve la charrue pour labours profonds, à deux corps et age tournant, de M. Vallerand. Ce n'est point ici le lieu d'examiner la question des labours profonds : leur utilité, dans toutes les circonstances où ils sont praticables, est aujourd'hui généralement admise; les divergences d'opinion portent principalement sur la manière de les exécuter. Les uns pensent qu'il convient de se borner à remuer le sous-sol sans le ramener à la surface, et que son mélange avec la couche arable ne doit avoir lieu que peu à peu. D'autres, au contraire, sou-

tiennent qu'on ne doit pas craindre de mêler ensemble le sol et le sous-sol; qu'il faut enfouir le fumier très-profondément; en un mot, qu'il faut agir sur le sous-sol dans les labours profonds, absolument comme sur le sol dans les labours ordinaires. Ces deux thèses opposées, comme toutes les opinions extrêmes, sont sans doute trop absolues. Il n'est pas douteux que la nature du sous-sol, celle du sol, la masse des engrais disponibles et leur composition, ne doivent décider la question dans chaque cas particulier. Quoi qu'il en soit, du reste, M. Vallerand, lauréat de la prime d'honneur du département de l'Aisne, s'est proposé de construire une charrue pouvant labourer à 0m,50 de profondeur, comme les charrues ordinaires labourent à 0m,15 ou 0m,20 de profondeur. Il a résolu ce problème difficile de la manière la plus satisfaisante. Sa charrue, dont les formes étonnent au premier abord, attelée de douze bœufs, qui peuvent travailler toute la journée, ouvre en terre forte une raie de 0m,45 à 0m,55 de profondeur, en laissant derrière elle une tranchée plus semblable à un fossé profond qu'à un simple sillon. Elle retourne d'ailleurs la terre et enfouit le fumier de la manière la plus parfaite.

Il est vraiment regrettable que cette charrue n'ait pas fonctionné en Angleterre; il est impossible de deviner la perfection de son travail sans la voir sur le terrain. Il n'existe pas, à ma connaissance, de charrue anglaise capable de lutter avec elle pour les labours à plat à grande profondeur.

3. — Charrues belges, italiennes et autres.

Les autres nations présentaient, en fait de charrues, à peu près les mêmes instruments qu'en 1855. On remarquait seulement, surtout dans les pays du Nord, une exécution plus soignée, et des formes plus rapprochées des modèles anglais.

En Belgique, on retrouvait les charrues de MM. Odeurs, Delstanche et autres bien connues dans nos départements du Nord. Dans plusieurs provinces belges, les charrues versent à gauche, ce qui leur donne un aspect différent de celui des charrues de presque toutes les autres parties de l'Europe. Les charrues belges sont simples, solides, et se rapprochent beaucoup des charrues françaises.

Le royaume d'Italie a réuni, dans son exposition, quelques charrues très-intéressantes par leurs formes solides et les indications qu'elles peuvent fournir à l'histoire de l'agriculture.

CHAPITRE II.

SCARIFICATEURS, EXTIRPATEURS, ROULEAUX ET HERSES.

§ 1er. — Scarificateurs, extirpateurs.

L'emploi d'appareils spéciaux destinés à compléter le travail de la charrue et à préparer celui des herses ordinaires, se généralise rapidement en France depuis quelques années. Les instruments plus ou moins analogues à la herse Bataille se multiplient, et on les applique maintenant avec économie à plusieurs opérations de culture que l'on faisait jadis avec la charrue seule. En Angleterre, où le labour a principalement pour but de couper le sol en bandes et de le retourner, le besoin d'appareils destinés aux façons légères a dû se présenter plus tôt que chez nous et leur emploi se généraliser plus rapidement.

Les instruments anglais de l'espèce qui nous occupe méritent une étude attentive. Ils présentent, en effet, de très-bons modèles, consacrés maintenant par une longue expérience, et auxquels on peut faire encore de nombreux emprunts.

Le scarificateur destiné à déchirer le sol avec de fortes

dents aiguës, et l'extirpateur garni de socs plats et tranchants analogues aux socs de ratissoires, ne forment en Angleterre qu'un seul instrument, c'est-à-dire que la même monture reçoit successivement, à l'extrémité de ses pieds en fer, des socs en fonte trempée de formes appropriées au travail à exécuter. Ici se présente encore l'emploi si avantageux des pièces en fonte presque sans valeur, que l'on change quand elles sont usées ou brisées, et qui permettent d'employer, pendant fort longtemps, aux usages les plus variés, un même châssis d'instrument, pourvu que sa construction soit assez solide pour résister aux efforts qu'il peut avoir à supporter. Si le prix des instruments de cette sorte paraît assez élevé en Angleterre, il ne faut pas oublier qu'ils tiennent lieu de deux ou trois appareils distincts, et que leur solidité leur assure une durée fort longue.

Les bâtis des instruments destinés à porter des socs de scarificateurs ou d'extirpateurs, se composent essentiellement d'un châssis, ordinairement de forme trapézoïdale, porté sur trois ou quatre roues, et auquel sont fixés un plus ou moins grand nombre de tiges, ou pieds, recourbés en avant, et à l'extrémité inférieure desquels se fixent par emboîtement, soit à simple frottement, soit avec une cheville, des socs en fonte trempée de formes diverses. L'ajustement des pieds avec le châssis doit être extrêmement solide, car les efforts qu'ils supportent sont considérables. On doit aussi apporter une grande attention au mécanisme qui sert à soulever les pieds par rapport aux roues, soit pour varier l'entrure des socs, soit pour suspendre l'action de l'instrument aux tournants, ou pendant les transports de la ferme aux champs ou réciproquement.

L'Exposition ne renfermait pas de modèles nouveaux de cette classe si utile d'instruments. On ne remarquait que des modifications de détail bien difficiles à faire comprendre sans de nombreuses figures. On se bornera donc à insister de nouveau sur les avantages des socs en fonte de rechange

bien fabriqués, qui permettent d'utiliser de plusieurs manières le même appareil, et à signaler comme les plus remarquables dans la famille d'instruments qui nous occupe, les machines suivantes.

Les scarificateurs anglais se rapprochent plus ou moins des types primitifs connus sous les noms de Biddell, d'Uley, de Smith et de quelques autres. Beaucoup de constructeurs les exécutent parfaitement ; on citera cependant d'une manière spéciale MM. J. et F. Howard, Ransomes, Garrett-Exall, Coleman et C. Clay.

§ 2. — Rouleaux.

Le rouleau à disques dentés de Croskill, pour les terres fortes, a été rapidement apprécié sur le continent. Tous les cultivateurs avancés connaissent cet instrument, qu'il serait inutile de décrire ici de nouveau. On dira seulement que les disques intermédiaires, à trou central d'un grand diamètre, sont maintenant généralement adoptés. La monture en bois, avec roues pour le transport du rouleau, n'a pas été sensiblement modifiée depuis 1855. Ces instruments sont, du reste, très-bien fabriqués par plusieurs de nos constructeurs français. A Londres, on remarquait particulièrement, cette année, le rouleau exposé par *the Trustees of Croskill*, de Berveley. Le rouleau de Croskill s'est répandu dans toute l'Europe; on en voyait des spécimens dans les expositions de plusieurs pays.

Les rouleaux à disques garnis de gorges comme des poulies, ou taillés en tranchants sinueux, sont encore assez nombreux dans les concours, mais ne se multiplient pas dans la pratique.

Le rouleau Croskill et les appareils imaginés avant et depuis son apparition pour certains sols particuliers, n'ont que des applications spéciales. Le rouleau cylindrique ordinaire est, au contraire, un instrument d'un emploi général

qui rend à l'agriculture de nombreux services. En France, nos rouleaux en bois sont généralement trop légers. Leur monture laisse ordinairement beaucoup à désirer. Ils sont d'ailleurs d'un seul morceau, et toujours difficiles à faire changer de direction. En Angleterre, les rouleaux sont formés de trois bouts de cylindre montés librement sur un même axe, ce qui permet à l'instrument de tourner avec la plus grande facilité à l'extrémité des pièces de terre. Ce mode de construction, applicable à tous les rouleaux, mérite d'être imité.

L'emploi de la fonte en cylindres creux plus ou moins épais, suivant le poids nécessaire par unité de surface de compression, dans chaque pays, constitue aussi une grande amélioration dans la construction des rouleaux. La valeur à laquelle est tombé actuellement le métal permettrait de l'employer dans ces machines, sans dépasser un prix assez modéré, largement compensé d'ailleurs par la durée et la qualité de l'instrument.

M. Amies avait exposé un rouleau creux, fermé hermétiquement par un bouchon à vis, et dont on pouvait faire varier le poids en y introduisant un plus ou moins grand volume d'eau. Cette disposition est assez simple, mais ne paraît pas présenter un grand avantage sur l'emploi d'une caisse montée sur le rouleau, et que l'on peut charger à volonté avec de la terre ou quelques pierres.

§ 3. — Herses.

La herse trapézoïdale dite de Valcourt, à bâti en bois avec dents en fer, est un excellent instrument ; le bois et le fer sont placés dans de bonnes conditions de résistance, et, avec de légères améliorations d'exécution, qu'une fabrique convenablement outillée réaliserait sans difficulté, cette machine simple et peu coûteuse conserverait longtemps chez nous sa supériorité. On remarquera cependant qu'il n'est pas

facile d'accoupler deux ou trois herses de cette espèce, comme on a souvent essayé de le faire. Les herses en fer des constructeurs anglais satisfont, au contraire, fort bien à la solution de ce problème. Elles sont connues en France depuis déjà longtemps, et il suffira de rappeler qu'elles peuvent herser à la fois une largeur de $2^m,10$ à $3^m,05$, en y attelant deux chevaux qui marchent dans la raie, circonstance avantageuse en temps humide.

La herse en fer exposée par MM. Wallis et Haslam présente la forme générale de la herse de M. Howard; l'ajustement des dents, dont la tête embrasse le fer à T du bâti, et l'assemblage de tout l'appareil à l'aide d'un seul boulon par rangée de dents, paraissent très-satisfaisants comme arrangement mécanique; mais la complication des pièces et les fers creux spéciaux qu'elle exige, rendraient cet instrument peu recommandable pour les pays éloignés de la fabrique, sans l'aide de laquelle les réparations seraient coûteuses et difficiles.

M. Jacobson, de Christiania, exposait une herse norwégienne. Cet instrument se compose, comme on sait, de deux ou trois hérissons formés d'étoiles en fonte ou en fer, à pointes aiguës, tournant librement sur un arbre en fer, et portés par un châssis garni de petites roues. Cette machine, remarquable à beaucoup d'égards, est fort employée, dit-on, dans le nord de l'Europe. Il semblait devoir se répandre rapidement en Angleterre. Cependant, peu de mécaniciens anglais paraissent s'occuper sérieusement de sa construction, et on le rencontre moins souvent dans les campagnes qu'on ne l'aurait supposé, d'après l'accueil qui lui avait été fait lors de son apparition.

Plusieurs exposants ont présenté des herses à anneaux, espèces de cotes de mailles, à larges chaînons de différentes formes, que l'on traîne sur le sol pour compléter l'émiettement de la terre et recouvrir les graines fines. On doit surtout rechercher, dans cette classe d'instruments, ceux dont les

anneaux ont les formes simples et sont disposés de manière à ne pouvoir ni s'emmêler, ni se bourrer d'herbes ou de terre. L'emploi de ces outils est assez limité jusqu'à présent; cependant, ils pourraient être utiles dans quelques circonstances, et il est à désirer qu'ils soient soumis en France à de plus nombreux essais qu'on ne l'a fait jusqu'à présent.

La Hollande et la Suède présentaient des spécimens de herses circulaires rotatives à contre-poids. Ces instruments, qui ont déjà figuré dans beaucoup de concours, ne paraissent pas appelés à rendre de grands services : ou bien ces herses ne produisent pas la pulvérisation complète qu'on en attend, ou bien elles absorbent une force considérable, par suite des frottements inutiles que les dents éprouvent contre la terre.

CHAPITRE III.

CULTURE A VAPEUR.

Le labourage à vapeur préoccupe déjà depuis longtemps les mécaniciens; l'importance de ce problème et son opportunité le placent sur la première ligne des questions à l'ordre du jour dans le monde agricole anglais. Bien que plusieurs machines à labourer à vapeur aient déjà figuré dans les expositions françaises, les progrès rapides réalisés depuis peu m'obligent à donner des détails assez circonstanciés sur ces appareils, que diverses circonstances m'ont permis d'étudier, depuis quelques années, d'une manière particulière.

S'il est un genre d'entraînement auquel on doive résister en agriculture, c'est assurément l'engouement des nouveautés qui fait engager inconsidérément des sommes considérables dans l'essai de méthodes ou de procédés que la pratique n'a pas sanctionnés, et que les données scientifiques sont impuis-

santes à faire apprécier. Mais il est un autre écueil non moins redoutable : c'est une résistance aveugle aux progrès du temps; résistance qui fait repousser les armes puissantes indispensables à la production économique des produits agricoles aussi bien que des produits manufacturiers.

Le labourage à vapeur est un des procédés qui peuvent modifier profondément le régime agricole d'un pays. Le temps est venu de l'étudier sérieusement et de ne pas se laisser devancer dans cette voie nouvelle. Aux personnes qui regarderaient comme improbable l'emploi, sur une grande échelle, de la vapeur comme ouvrier des champs, je rappellerai que nous avons tous vu la machine à battre commençant à se montrer dans les campagnes, et certainement moins perfectionnée que ne l'est aujourd'hui la charrue à vapeur. Je rappellerai encore qu'en 1851, les agriculteurs français les plus éclairés regardaient les machines locomobiles agricoles comme une curiosité britannique qui n'aurait jamais sa place dans nos fermes, où, aujourd'hui, ces précieux moteurs se comptent par milliers.

Le labourage à vapeur mérite donc une attention des plus sérieuses. C'est la plus importante des questions soumises au jury de la classe IX.

§ 1er. — Description de la charrue Fowler.

Il serait impossible de décrire complétement, sans un très-grand nombre de figures, les appareils de labourage à vapeur; mais on essayera de faire au moins concevoir le principe de la plus parfaite de ces machines, celle de M. Fowler. Il sera facile ensuite de lui comparer les autres dispositions proposées, et de discuter les avantages ou les inconvénients qu'elles peuvent présenter.

La charrue de M. Fowler se compose essentiellement d'un fort bâti qui, vu de côté, présente la forme d'un V très-ouvert, dont les branches font entre elles un angle de

150 degrés environ. Le sommet inférieur de ce bâti repose sur un essieu porté par deux grandes et fortes roues à large jante. Chaque côté du bâti, à droite et à gauche de l'essieu, porte ordinairement quatre corps complets de charrues, dont les coutres et les socs sont tournés du côté des grandes roues de l'appareil. Il résulte de cette disposition que, si l'on abaisse l'un des côtés du bâti, les charrues de ce côté entameront le sol, tandis que les charrues du côté opposé seront soulevées au-dessus de terre. A l'extrémité du sillon, on fait basculer la machine sur l'essieu; les socs soulevés précédemment peuvent attaquer le sol en retournant vers le premier point de départ, tandis que les socs qui travaillent en venant sont soulevés et sans action pendant le voyage de retour. A l'aide de ce mouvement de bascule, qui fait donner à ces machines le nom de *charrues à balance*, l'appareil fonctionne soit en allant, soit en revenant, et toujours en versant la terre à droite et en faisant un labour à plat.

Un mécanisme aussi simple qu'ingénieux permet au laboureur, assis à l'arrière, d'incliner plus ou moins l'essieu sur la direction générale de l'instrument, et, par conséquent, de le diriger facilement pendant le mouvement de progression que lui imprime le câble moteur dont on parlera dans un instant. L'entrure des charrues se règle aussi avec facilité, même pendant la marche, en soulevant plus ou moins le bâti de la machine sur l'essieu des grandes roues.

On peut à volonté enlever les versoirs et les coutres, et remplacer les socs par des pièces de formes variées qui transforment l'appareil en charrue sous-sol, en scarificateur ou en extirpateur. M. Fowler construit aussi, pour l'usage de sa machine, un scarificateur à sept dents, d'une grande puissance, mais dont il est inutile de s'occuper ici en détail.

En résumé, on voit que les instruments de culture de M. Fowler sont montés de manière à pouvoir, par un simple mouvement de bascule, opérer en avançant dans un sens

ou dans l'autre. Voici maintenant comment ce mouvement alternatif de progression leur est transmis par l'appareil moteur.

La machine à vapeur de M. Fowler est une locomobile de 12 à 14 chevaux, à deux cylindres conjugués, avec coulisse de Stephenson, pour le changement de marche et la fixation de la détente. Cette machine peut se mouvoir elle-même sur la surface plus ou moins irrégulière d'une terre arable.

Sous le corps cylindrique de la chaudière, et à une faible hauteur au-dessus du sol, se trouve une poulie horizontale de $1^{m},50$ de diamètre environ. Cette poulie peut recevoir de la machine un mouvement de rotation dans un sens ou dans l'autre. Elle constitue, comme on va le voir, le véritable *treuil* moteur de l'appareil.

La locomoilbe étant placée sur l'un des côtés de la pièce à labourer, on dispose en face, sur l'autre côté, un appareil appelé *ancre*, formé d'une grande poulie horizontale, portée sur un chariot garni de disques tranchants qui s'enfoncent dans la terre pour assurer la stabilité de l'appareil. Un câble en fil d'acier enveloppe la poulie du treuil et la poulie de l'ancre; ses deux extrémités sont enroulées sur des tambours fixés au bâti de la charrue préalablement amenée sur la ligne qui joint l'ancre à la locomobile. On comprend facilement, d'après cette disposition, qu'en imprimant à la poulie motrice de la machine à vapeur un mouvement de rotation dans un certain sens, le câble sans fin enroulé sur cette poulie et sur celle de l'ancre entraîne la charrue de la machine vers l'ancre, et qu'en renversant le sens du mouvement, on puisse ramener la charrue de l'ancre à la machine.

On pourra, de cette manière, ouvrir une première série de sillons entre la machine et l'ancre dans toute la largeur du champ. Mais, pour continuer le travail, il faut nécessairement que la machine et l'ancre se déplacent entre chaque voyage de la charrue, d'une quantité à peu près égale à la

largeur labourée à chaque voyage. On a déjà dit que la machine peut se déplacer à volonté; rien de plus simple par conséquent que de lui faire exécuter le mouvement nécessaire. Reste donc à déplacer l'ancre, et c'est ce que M. Fowler est parvenu à exécuter avec la plus grande facilité, par une disposition des plus ingénieuses.

L'arbre de la poulie horizontale de l'ancre porte un pignon qui commande à volonté un treuil sur lequel s'enroule un petit câble dont l'autre extrémité est attachée à un point fixe, situé au bout de la ligne que l'ancre doit parcourir; l'appareil se remorque donc lui-même sur ce câble, et avance parallèlement à la locomobile elle-même d'une quantité réglée par la durée de l'embrayage du petit treuil et du pignon qui le conduit.

En résumé, une locomobile portant une poulie motrice horizontale peut se mouvoir sur l'un des côtés du champ à labourer; sur le côté opposé de ce champ, se trouve une poulie de renvoi horizontale portée par un chariot qui peut avancer parallèlement à la locomobile. Un câble sans fin s'enroule sur ces deux poulies, et peut entraîner successivement la charrue à balance, attelée à l'un de ses brins, de la machine vers l'ancre, et de l'ancre vers la machine, dans toutes les positions que ces deux appareils occupent dans la longueur du champ. Tel est le principe du mouvement général du système de labourage qui nous occupe. Quelques mots sont nécessaires pour expliquer les remarquables dispositions imaginées pour résoudre les problèmes difficiles que présente ce mouvement si simple en apparence.

Revenons à la locomobile. Dans le modèle le plus récent de M. Fowler, les roues d'arrière sont commandées par des engrenages qui leur communiquent le mouvement de rotation nécessaire à la mise en mouvement de ce pesant appareil. Un système de leviers ramenés à l'arrière, à la main du mécanicien, permet d'incliner plus ou moins l'avant-train sur l'axe de la machine et, par conséquent, de la faire tour-

ner à droite ou à gauche, dans des courbes d'assez petit rayon. Dans les anciennes machines de M. Fowler, l'appareil se remorquait lui-même dans le champ, à l'aide d'un treuil et d'un câble fixé à l'extrémité de la ligne à parcourir. Cette disposition, moins élégante, sans doute, que celle actuellement adoptée, présente certains avantages pour les passages difficiles. Il serait bon de se réserver la ressource d'un treuil de halage installé sur la machine pour franchir les pentes trop roides, ou sortir d'une dépression formée, dans un sol très-meuble, par le poids seul de la machine.

Cette modification est d'ailleurs très-secondaire, comparativement au grand perfectionnement apporté à la poulie motrice du câble.

Dans les machines qui ont figuré dans les concours français, cette poulie portait trois gorges parallèles que le câble d'acier, renvoyé sur trois autres poulies accessoires, enveloppait en partie, pour obtenir l'adhérence nécessaire à la transmission de l'effort de traction considérable qu'il exerce sur la charrue. De cet enroulement compliqué du câble sur les gorges de la poulie motrice et des poulies accessoires, résultaient des difficultés et des embarras sans nombre, qu'il est impossible de deviner sans avoir employé soi-même cet appareil défectueux. Malgré l'attention la plus soutenue, le câble tombait quelquefois des gorges des poulies, se nouait dans le mécanisme et s'y brisait. Chacun de ces accidents se traduisait par une perte de temps et par un travail toujours pénible, et souvent dangereux pour les ouvriers. Tous ces inconvénients sont supprimés dans les nouvelles machines de M. Fowler, grâce à une disposition ingénieuse, et qui certainement trouvera beaucoup d'autres applications.

La gorge de la poulie motrice est formée d'une couronne de pièces mobiles dont les points de rotation sont disposés sur deux circonférences parallèles de la roue qui forme le corps de cette poulie. Ces pièces mobiles, prises deux à deux, forment de véritables mâchoires d'étau, qui saisissent

d'autant plus fortement le câble d'acier qu'il est tiré plus énergiquement, et qu'il a besoin, par conséquent, d'une adhérence plus forte. Grâce à ces pièces mobiles, le câble transmet facilement toute la force nécessaire au mouvement de la charrue, en faisant seulement un demi-tour sur la gorge de la poulie motrice. Cet ingénieux mécanisme diminue beaucoup le poids de la machine, supprime des organes très-délicats, et fait disparaître les embarras inévitables dans les anciens appareils.

Les nouvelles ancres de M. Fowler sont préférables, à plusieurs égards, à celles qui ont figuré dans les concours français. Les disques tranchants sont mieux placés, l'embrayage du petit treuil de halage est plus commode, et la manœuvre par laquelle on peut faire suivre à l'ancre un contour sinueux est plus facile. Cependant les anciennes ancres fonctionnent d'une manière satisfaisante, et les personnes qui en ont déjà peuvent les user sans les faire modifier.

Dans ce qui précède, on a dit, pour abréger, que le câble allait de la charrue à l'ancre, sans donner à cet égard aucune explication. Il convient d'ajouter que, dans cet intervalle, il est supporté, de distance en distance, par des poulies verticales en fonte, montées sur de petits chariots légers que des enfants déplacent successivement. Sans cette précaution, le câble traînerait sur la terre, s'userait rapidement, et produirait un frottement qui absorberait une force considérable (1).

Il reste à décrire un dernier perfectionnement apporté par M. Fowler à ses appareils, et qui n'a pas, non plus, encore figuré dans les concours français. On a dit précédemment que les extrémités du câble d'acier sont fixées à des tam-

(1) La traction d'un câble de 411 mètres, pesant 1 kilogramme le mètre courant, sur une terre non labourée, a exigé un effort de $238^k,83$. Le même câble, placé sur des supports à poulies, pouvait être entraîné, à la même vitesse, avec un effort de $25^k,84$ seulement.

bours montés sur le bâti de la charrue. Ces tambours sont destinés à enrouler une plus ou moins grande longueur de câble, de manière que sa partie libre soit toujours sensiblement égale au double de la distance qui sépare l'ancre de la machine à vapeur, et qu'il soit suffisamment tendu pour ne pas traîner sur le sol. Soit que les côtés du champ ne soient pas parallèles, soit que le câble s'allonge un peu, ce qui arrive souvent quand il est neuf, on est fréquemment obligé d'agir sur les tambours, pour donner au câble la tension voulue. Cette opération se faisait autrefois à la main, pendant les arrêts de la charrue; c'était un travail fatigant pour l'ouvrier, et une perte de temps d'autant plus sensible qu'elle se renouvelait plus souvent. Ce réglage de la tension du câble, condition si essentielle d'un bon travail, se fait automatiquement dans les nouvelles charrues de M. Fowler. Chacun des tambours d'enroulement peut, à son tour, par un mouvement très-simple d'embrayage et de débrayage, commander l'autre, à l'aide d'une chaîne de Galle disposée de manière que le tambour commandé fasse plus de tours que le tambour qui imprime le mouvement. Or, le tambour qui commande à chaque voyage est précisément celui sur lequel s'exerce la traction du câble. Il en résulte que pour chaque tour de câble *déroulé* sur ce tambour, il *s'enroule* plusieurs tours de câble sur l'autre tambour; de sorte que si le câble est trop lâche, il acquiert, par le fait seul de la mise en marche, la tension nécessaire au bon fonctionnement de tout le système. Ce perfectionnement facilite beaucoup le travail des ouvriers, évite des pertes de temps réitérées, et rend véritablement pratique la charrue de M. Fowler.

La substitution de la poulie motrice à gorge mobile aux poulies à plusieurs gorges des anciennes machines, est facile à effectuer, ainsi que le remplacement des anciens tambours de la charrue par les tambours auto-tendeurs. Ce sont deux améliorations qu'on ne saurait trop recommander aux possesseurs d'anciennes machines Fowler; les conditions prati-

ques du travail sont complétement changées, et la dépense de ces réparations serait couverte en moins d'une campagne.

Un dernier point utile à signaler aux constructeurs français, c'est l'emploi du fil d'acier pour les câbles, au lieu du fil de fer, qu'ils emploient trop souvent. Pour une force donnée, on gagne à peu près en poids ce que l'on perd sur le prix plus élevé de la matière, et l'on obtient des câbles plus durables et d'un maniement plus facile. La fabrication proprement dite du câble, avec ses âmes en chanvre, paraît d'ailleurs à peu près la même en France et en Angleterre.

La machine à vapeur de M. Fowler peut servir dans la ferme comme une locomobile ordinaire; mais on comprend qu'il y a un grand intérêt pour le fermier qui possède déjà une machine de ce genre à pouvoir l'employer au labourage, sans être obligé d'acheter un moteur spécial d'un prix fort élevé. D'un autre côté, on ne peut se dissimuler que le déplacement continuel d'une machine aussi lourde que la locomobile Fowler avec tous ses accessoires, est loin d'être sans inconvénient, soit pour elle-même, soit pour la zone de terre qu'elle parcourt sur le bord du champ, et qu'il faut ordinairement reprendre avec une charrue ordinaire, à moins de circonstances toutes particulières. On conçoit donc qu'il y aurait un grand intérêt à pouvoir conduire une charrue à l'aide d'une locomobile ordinaire installée dans un point facilement accessible, en dehors ou dans un coin du champ à labourer, à côté d'un puits quand cela serait possible, pour éviter les transports d'eau. Aussi, la Société royale d'agriculture d'Angleterre, dans tous ses concours, propose-t-elle un prix pour le meilleur système de labour à vapeur propre à remplir les conditions précédentes, à l'aide de machines de moins de 10 chevaux de force. Plusieurs mécaniciens ont cherché à résoudre le problème ainsi posé, et ont obtenu déjà de remarquables résultats. Nous indiquerons d'abord comment M. Fowler utilise une partie des appareils de son invention pour atteindre ce second but.

Une poulie à gorge mobile, semblable à celle dont on a précédemment parlé, est montée sur un chariot. Cette poulie est mise en mouvement par une locomobile ordinaire, au moyen d'une courroie ou d'un arbre à joint de cardan. Un débrayage à double roue d'angle, ou tout autre mécanisme analogue, permet de faire tourner la poulie motrice dans un sens ou dans l'autre, sans changer le sens de marche de la locomobile. Cet appareil moteur est placé sur un des côtés du champ à labourer, et un peu en dehors de son périmètre. Deux ancres analogues à celle dont on a déjà parlé, sont placées aux extrémités, du côté opposé à celui où se trouve l'appareil moteur, et disposées de telle manière que chacune d'elles puisse suivre l'un des deux derniers côtés de la pièce. Un câble de fil d'acier enveloppe la poulie motrice, passe sur les poulies de renvoi des ancres, et vient enrouler ses deux extrémités sur les tambours de la charrue placée entre les deux ancres. Ce câble, entraîné par la poulie motrice, oblige la charrue à parcourir, tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, l'espace compris entre les deux ancres. Celles-ci s'avançant à chaque voyage d'une quantité égale à la largeur labourée pendant ce voyage, on conçoit donc que toute la surface du champ pourra successivement se trouver ainsi travaillée par la charrue. Le câble est d'ailleurs soutenu de distance en distance par les petites poulies à chariot dont on a déjà parlé. Au lieu d'une poulie motrice horizontale, M. Fowler emploie aussi, dans le cas qui nous occupe, un treuil à deux tambours, qui produisent, comme la poulie à gorge mobile, le mouvement de va-et-vient du câble et de la charrue qu'il remorque.

Dans ces derniers temps, M. Fowler a imaginé de relier une locomobile ordinaire à une ancre portant une poulie motrice. Dans son mouvement de progression, l'ancre entraîne la locomobile, et l'on se trouve ramené aux conditions d'installation décrites en premier lieu.

Les dispositions que l'on vient d'indiquer ont l'avantage de

ne pas exiger de machine à vapeur spéciale, et de permettre, par conséquent, l'emploi des locomobiles que beaucoup de fermes possèdent déjà. Cependant, ce système de labourage ne saurait être économique avec de trop petites machines, et, dans les fermes importantes, il paraît plus avantageux, quant à présent, d'adopter la machine mobile dont il a été parlé d'abord.

§ 2. — **Fonctionnement de la charrue à vapeur et prix du travail.**

Après ces descriptions générales, il est nécessaire de donner quelques chiffres relatifs aux conditions mécaniques dans lesquelles fonctionnent ces appareils.

Dans les anciennes machines de M. Fowler, dont plusieurs existent en France, la poulie motrice a $1^m,27$ de diamètre, et fait un tour quand le volant de la machine à vapeur en fait un peu plus de sept ; de sorte que la charrue parcourt de $1^m,20$ à $1^m,30$ par seconde quand la machine fait de cent trente à cent cinquante tours par minute. Dans les nouvelles machines, la poulie à gorge articulée a $1^m,52$ de diamètre, ce qui permet, pour une même vitesse de la charrue, de faire marcher la poulie un peu moins vite. Dans les anciennes machines, en raison des temps perdus pour tendre le câble, des précautions nécessaires pour l'empêcher de tomber des gorges de la poulie, j'ai souvent remarqué que, dans un champ de 200 mètres environ de largeur, la vitesse moyenne de la charrue, arrêts compris, n'était guère que de $0^m,85$ par seconde pour une vitesse en marche de $1^m,30$. Grâce aux perfectionnements que l'on a fait connaître, les temps perdus sont beaucoup moindres, et la vitesse moyenne se rapproche beaucoup plus de la vitesse en marche.

Dans une terre plutôt forte que légère, la charrue à quatre socs de M. Fowler, travaillant à une profondeur de $0^m,16$ à $0^m,18$, y compris le mouvement de l'ancre, de la machine et du câble, absorbe de 11 à 13 chevaux-vapeur.

Les indications précédentes suffiraient, à la rigueur, pour se rendre compte d'une manière approximative de la consommation de l'appareil, de son travail journalier, et, par conséquent, du prix de revient de ce travail. Il ne sera pas inutile cependant, pour mieux fixer les idées, de rapporter quelques résultats d'expériences. On citera d'abord les chiffres obtenus l'année dernière au concours de Leeds, avec le grand appareil de M. Fowler, à machine se déplaçant elle-même pendant le travail.

La première expérience eut lieu sur une terre légère, qui avait fourni l'année précédente une récolte de navets mangés sur place par des moutons. Cette terre n'avait reçu, depuis lors, qu'un léger coup de scarificateur et un hersage pour détruire les mauvaises herbes; elle conservait, par conséquent, toute sa ténacité. Voici comment les juges du concours ont établi le prix de revient, par jour, de l'appareil employé à donner une façon au scarificateur à $0^m,18$ de profondeur, et un hersage exécuté en même temps, par une herse attachée à côté de l'instrument :

Un homme à l'ancre.	2 f.	90 c.
Un mécanicien.	4	15
Un laboureur.	4	15
Deux enfants pour déplacer les poulies-supports.	3	10
Total pour la main-d'œuvre. . . .	14	30
Approvisionnement d'eau.	5	»
Huile.	1	25
Intérêt du prix d'achat de l'appareil, s'élevant à 20,625 fr., à 5 0/0 par an, usure et amortissement à 12 1/2 0/0, ensemble 3,609 fr. 35 c., divisés par deux cents jours de travail par an, ci.	18	05
Charbon brûlé, 860 k. à 25 fr. la tonne. .	21	75
Dépense totale par jour de travail. . .	60	35

Dans ces conditions, l'appareil faisait, en dix heures de travail, 3$^{hect.}$,04, ce qui donnait pour la dépense par hectare, 19 fr. 85 c. Dans un autre essai en terre plus facile, le prix se réduisit à 15 fr. 90 c. par hectare.

Le second essai eut lieu sur un terrain très-lourd et exceptionnellement résistant, à surface inégale, coupée en planches étroites par des sillons profonds, et recouverte d'un gazon de ray-grass et de trèfle qui avait été pâturé par des moutons. Pour bien définir la nature de cette terre, on y fit faire quelques essais avec une charrue de Hornsby attelée à un dynamomètre, et conduite par quatre forts chevaux. Ces essais montrent si bien la difficulté du travail imposé aux charrues à vapeur, qu'il est utile de reproduire ici les chiffres obtenus.

NUMÉROS D'ORDRE.	LONGUEUR des sillons.	DIMENSIONS du sillon. (profondeur. × largeur.)	TEMPS EMPLOYÉ.	VITESSE par heure.	PARTIE du champ essayée.	DIRECTION du mouvement.	PENTE moyenne du sol.	TRAVAIL EMPLOYÉ en chevaux-vapeur.
	m.	m.		m.				
1	91 4	0 18 × 0 27	2'10"	2532	Centre.	En montant.	0 044	3.9
2	91 4	0 18 × 0 27	1'50"	2991	Id.	En descendant.	Id.	3.3
3	45 7	0 14 × 0 18	0'50"	3290	Fond.	En montant.	0 007	3.58
4	45 7	0 14 × 0 18	0'34"	4859	Centre.	Id.	Id.	4.21
5	45 7	0 13 × 0 23	0'40"	4113	Sommet.	Id.	Id.	2.8
6	45 7	0 13 × 0 23	0'38"	4329	Centre.	Id.	Id.	3.65
7	45 7	0 13 × 0 23	0'38"	4329	Fond.	Id.	Id.	5.03
8	45 7	0 18 × 0 27	0'38"	4570	Sommet.	Id.	Id.	3.89
9	45 7	0 18 × 0 27	0'36"	4698	Fond.	Id.	Id.	9.4
10	45 7	0 18 × 0 27	0'35"	4329	Centre.	Id.	Id.	4.68
11	45 7	0 20 × 0 31	0'38"	4115	Sommet	Id.	Id.	3.46
12	43 [illegible]	0 20 × 0 31	0'40"	8159	Centre.	En descendant.	Id.	3.55
13	45 7	0 20 × 0 31	0'50"	3427	Id.	Id.	Id.	5.1

La moitié de ce champ fut scarifiée à une profondeur de 0^m,177 à 0^m,203, l'autre moitié fut labourée à la même pro-

fondeur. Le travail était irréprochable. Le prix de revient, à l'aide des appareils à vapeur, a été estimé comme il suit :

	Charrue.	Scarificateur.
Main-d'œuvre, usure, intérêt comme ci-dessus	38 f. 75 c.	38 f. 75 c.
Charbon, à 25 fr. la tonne. .	17 50	17 30
Dépense totale par jour.	56 25	56 05

La surface labourée en dix heures de travail étant de 2$^{\text{hect.}}$,33, et la surface scarifiée dans le même temps de 2$^{\text{hect.}}$,53, le prix de revient est de 24 fr. 14 c. par hectare pour la première de ces opérations, et de 22 fr. 11 c. pour la seconde.

Ces chiffres, établis avec beaucoup de soin par les hommes les plus compétents, fournissent de précieux éléments de calcul. En raison de la nouveauté de la question, on nous permettra d'ajouter quelques autres renseignements. J'ai eu l'occasion de voir fonctionner une charrue Fowler chez un fermier qui l'emploie depuis deux ou trois ans. Le nombre des chevaux qu'il entretenait était de seize, il est maintenant réduit à huit. Lorsque la charrue n'est pas occupée sur la ferme, elle laboure à façon dans le voisinage, à raison de 49 fr. 54 par hectare pour deux labours de 0^{m},254 de profondeur, exécutés perpendiculairement l'un à l'autre, soit 24 fr. 77 par hectare pour chaque labour, chiffre qui, si l'on tient compte du bénéfice de l'entrepreneur, concorde avec le précédent.

Si l'espace le permettait, je reproduirais ici les comptes de dépenses publiés par un grand nombre de fermiers opérant dans des conditions différentes de sol et de cultures, qui, tous, s'accordent à reconnaître que le labourage à vapeur réalise une économie directe considérable, à laquelle s'ajoutent plusieurs avantages indirects importants : la possibilité de profiter plus facilement des meilleurs temps pour le labour, un travail plus parfait, l'avantage de ne pas fouler le sol comme le font les chevaux dans leurs passages réitérés, etc.

Chacun pourrait, d'après les indications qui précèdent et les prix de sa localité, se rendre compte de la dépense journalière d'une charrue Fowler. Pour faciliter les comparaisons, on essayera de présenter ici un prix moyen, plutôt fort que faible, qu'il suffira de modifier dans chaque cas particulier, et de comparer au prix de revient du labour ordinaire dans chaque ferme, pour savoir si l'on peut attendre quelque bénéfice de l'emploi des appareils nouveaux.

Les chiffres suivants sont en partie le résultat d'observations faites en France sur des charrues Fowler de l'ancien système. Le travail journalier serait certainement plus considérable avec les nouveaux appareils, et, par conséquent l'évaluation suivante dépassera en général la réalité.

Dépense journalière :

Un mécanicien.	5 fr.	00 c.
Un laboureur..	3	50
Un manœuvre à l'ancre.	2	50
Deux enfants pour les poulies-supports. . . .	2	50
Charbon, 650 kil. à 45 fr. la tonne, rendu sur place.	29	25
Eau. . . . . mémoire.		
Intérêt du capital à 5 0/0, entretien et amortissement à 13 0/0, ensemble 18 0/0 sur 22,000 francs, soit 3,960 francs, ou par jour sur deux cents jours de travail.	18	80
Total..	61	55

Suivant la profondeur du labour et la résistance du sol, on fera par journée de dix heures, y compris les déplacements d'une pièce à l'autre, au moins de 2$^{\text{hect.}}$,8 à 3$^{\text{hect.}}$,5 et quelquefois plus. De sorte que le prix du labour à une profondeur de 0^{m},15 à 0^{m},25, variera de 17 fr. 58 à 21 fr. 98 environ par hectare, prix auquel il convient d'ajouter l'approvisionnement d'eau, qui change naturellement beaucoup

avec la distance, mais auquel un homme et un cheval suffisent facilement dans les conditions ordinaires. En portant cette dépense à 5 francs par jour, on aurait encore à ajouter de 1 fr. 40 à 1 fr. 80 par hectare aux prix précédents. Cette dépense serait d'ailleurs à peu près nulle dans une ferme disposée pour le labourage à vapeur, et dans laquelle on établirait des puits ou des réservoirs économiques dans chaque pièce de terre.

Les chiffres qui précèdent, on le répète encore, peuvent varier beaucoup d'un lieu à l'autre, et je les présente seulement comme exemple; mais ils doivent dépasser un peu la moyenne. Au prix actuel du travail des chevaux, on reconnaîtra facilement, en comptant bien, que, dans beaucoup de parties de la France, le prix du labour de l'hectare, par les moyens ordinaires, dépasse très-notablement le prix du labour à vapeur. On doit ajouter encore que la locomobile peut être utilisée dans la ferme lorsqu'elle ne laboure pas, et que l'intérêt et l'amortissement du capital, au lieu d'être reporté sur deux cents jours de travail, comme nous l'avons fait, le serait en réalité sur deux cent cinquante à trois cents jours dans une exploitation bien administrée.

Le prix de revient avec l'appareil à machine fixe serait relativement un peu plus élevé, parce que le personnel est au moins aussi nombreux, et que le travail fait serait un peu moindre, en raison de la moindre force de la machine.

M. Fowler, comme on vient de le voir, a résolu le problème du labourage à vapeur. On peut espérer encore de grandes simplifications, des économies notables, mais, dès à présent, ses appareils sont pratiques et présentent, dans beaucoup de circonstances, des avantages marqués sur les procédés ordinaires. C'est le fait agricole le plus considérable que l'Exposition de 1862 ait donné l'occasion de constater.

§ 3. — Charrue à vapeur de Howard.

Un autre constructeur, le plus grand fabricant de charrues de l'Angleterre, M. Howard, dont nous avons déjà parlé, s'occupe aussi avec succès du labourage à vapeur. Considérés dans leur ensemble, ses appareils actuels sont inférieurs à ceux de M. Fowler, mais ils présentent des parties excellentes que lui emprunteront certainement quelques-uns des cultivateurs qui emploieront les premiers en France le labourage à vapeur.

M. Howard s'est proposé d'effectuer le labourage à l'aide d'une locomobile placée dans l'un des angles ou un peu en dehors de la pièce à labourer. Ce moteur, à l'aide d'une courroie ou d'un joint de cardan d'une construction nouvelle, commande alternativement l'un ou l'autre des deux tambours indépendants montés sur un chariot, qui constituent le treuil moteur de l'appareil de labourage.

Le câble en fil d'acier part de l'un des tambours, passe sur des poulies de renvoi horizontales placées aux angles de la pièce et autres points d'inflexion, et revient au second tambour. De petites poulies verticales montées sur de légers chariots supportent le câble de distance en distance pour l'empêcher de frotter sur le sol. Quand un des tambours est commandé par la machine et que le câble s'enroule à sa surface, le second tambour tourne librement en sens contraire et laisse dérouler le câble. Réciproquement, lorsque, par un débrayage convenable, le second tambour est commandé par la machine, le câble s'enroule sur sa circonférence et se déroule du premier tambour, devenu libre à son tour. On comprend, d'après cela, que si l'appareil de labourage est attaché à un point du câble situé entre deux poulies de renvoi placées aux extrémités d'un côté de la pièce, il pourra se trouver conduit successivement de la première poulie vers la seconde, puis de celle-ci vers la première. Si, après cha-

que course de l'instrument de labourage, on déplace les poulies de renvoi, parallèlement à elles-mêmes, d'une quantité égale à la largeur labourée, on pourra successivement travailler toutes les parties de la pièce, comme nous l'avons indiqué déjà pour d'autres appareils.

Un mécanisme très-ingénieux, composé de deux poulies et de deux galets horizontaux, est placé un peu en avant du treuil moteur pour assurer l'enroulement et le déroulement régulier du câble.

M. Howard emploie principalement, comme instrument de labour, un scarificateur très-puissant, monté sur quatre roues, et pouvant travailler en avançant dans un sens ou dans l'autre, sans être retourné. Cet appareil fonctionne bien et laisse la terre convenablement préparée, quand il a passé successivement sur le sol dans deux directions perpendiculaires.

La charrue présentée par M. Howard l'année dernière, au concours de Leeds, donnait lieu à plusieurs observations. Il l'a profondément modifiée depuis lors, et l'appareil exposé cette année paraît beaucoup plus satisfaisant. Je l'ai vu fonctionner, mais trop peu de temps pour l'apprécier complétement. Son habile constructeur ne manquera pas, d'ailleurs, d'y apporter toutes les améliorations dont la pratique lui fera reconnaître l'utilité.

Les ancres des deux poulies de renvoi mobiles, dans le système de M. Howard, se déplacent à bras d'homme. C'est un travail pénible qui exige, pour chaque ancre, un ouvrier soigneux et très-robuste.

La manœuvre de l'appareil que l'on vient de décrire exige un mécanicien, un ouvrier au treuil, un laboureur, deux manœuvres aux ancres et deux enfants, non compris le service de l'approvisionnement de l'eau. Ce renseignement suffit pour comparer approximativement le prix de revient du travail à celui obtenu avec les appareils précédents.

Dans les diverses machines que l'on vient de décrire, le la-

boureur élève un drapeau qu'il tient à la main pour avertir le mécanicien qu'il faut arrêter la machine ou la remettre en marche. Le mécanicien est donc constamment obligé de regarder le laboureur pour obéir à son premier signal. C'est une sujétion fatigante et qui n'est pas sans dangers, car un instant d'inattention suffit pour causer des avaries, si la charrue n'est pas arrêtée exactement à la fin de sa course. D'ailleurs, les brouillards, les temps sombres et certaines formes de terrain rendent impossible la vue du signal. Rien ne serait plus simple que de faire disparaître cet inconvénient, notamment dans l'appareil de M. Howard. Il suffirait de mettre un fil électrique isolé dans l'âme du câble. Ce fil, à la volonté du laboureur, qui n'aurait qu'à presser un bouton, transmettrait le signal au mécanicien à l'aide d'une sonnette, ou même pourrait agir sur un embrayage de M. Achard, qui arrêterait ou qui mettrait en marche la machine à vapeur. On ferait ainsi disparaître une cause fréquente de perte de temps et d'accidents. Le mécanicien, de son côté, débarrassé d'une préoccupation très-fatigante, reporterait tous ses soins sur la conduite et le chauffage de la machine, au grand profit de l'économie du combustible et de l'entretien de l'appareil.

Le labourage à l'aide des forces mécaniques est pour ainsi dire à son début, et cependant les plus grandes difficultés sont vaincues. On prévoit déjà de grands perfectionnements, et peut-être le temps n'est-il pas éloigné où l'on pourra, dans le voisinage des cours d'eau, employer au travail de la terre des moteurs bien plus économiques que la vapeur, grâce aux ingénieux procédés de transmission à grande distance des forces hydrauliques par l'air comprimé ou les câbles de M. Hirn.

Un grand nombre d'autres inventeurs ou constructeurs s'occupent en Angleterre du labourage à vapeur. Parmi ces nombreux essais il suffira de signaler le treuil moteur fixe de M. E. Hayes, qui offre quelques dispositions ingénieuses.

Les autres machines que j'ai eu l'occasion d'étudier ne présensent, en réalité, aucune idée d'une certaine valeur qui ne soit beaucoup mieux réalisée dans les machines de M. Fowler ou de M. Howard.

Le catalogue français annonçait un dessin de machine à labourer à vapeur, mais ce dessin n'a pas été trouvé dans les galeries de l'Exposition.

N'ayant pas de documents officiels, je m'abstiendrai d'indiquer le nombre des charrues à vapeur qui fonctionnent maintenant en Angleterre, mais on peut affirmer que ce nombre est déjà considérable. Il est vivement à désirer que les agriculteurs français se préoccupent de cette question plus activement qu'ils ne l'ont fait jusqu'à présent.

Un concours solennel de charrues à vapeur, annoncé longtemps à l'avance, serait une des mesures les plus simples et les plus efficaces pour appeler l'attention publique sur ce sujet. Le succès de nos concours spéciaux de machines à moissonner est un sûr garant de l'utilité de l'essai que nous proposons en terminant cet examen.

SECTION II.

SEMOIRS DISTRIBUTEURS D'ENGRAIS, HOUES A CHEVAL.

CHAPITRE PREMIER.

SEMOIRS DISTRIBUTEURS D'ENGRAIS.

Une condition essentielle de l'emploi avantageux des semoirs est une préparation soignée du sol. Aussi voit-on l'usage des instruments de cette classe suivre les perfectionnements des procédés généraux de travail de la terre, et pénétrer peu à peu dans les pays où l'agriculture est en progrès.

L'usage du semoir pour la betterave est maintenant général dans tous les départements où cette précieuse racine est cultivée sur une grande échelle. Mais pour les céréales cet instrument est beaucoup moins employé en France qu'en Angleterre. Parmi les causes nombreuses qui ont promptement généralisé l'emploi du semoir de l'autre côté du détroit, on doit citer le climat, un temps doux, un peu humide; des gelées et des hâles fort rares, sont, en effet, des conditions très-favorables à la réussite des semences confiées à la terre. Les grains manquants sont rares, et l'on peut sans danger, à l'aide du semoir, répandre seulement la quantité de grains strictement nécessaire. En France, au contraire, on est obligé, dans beaucoup de pays, de répandre un peu trop de grain pour parer aux risques des gelées tardives, des sécheresses prolongées ou des pluies intempestives, et le semoir n'aurait pu réaliser une aussi forte économie que chez nos voisins.

Cependant les nombreux avantages du semoir sont de plus en plus appréciés, et son emploi tend à se répandre dans plusieurs départements où cette machine était complétement inconnue il y a quelques années.

Les semoirs attelés sont, comme on sait, les plus généralement employés en Angleterre. Depuis quelques années, ils n'ont reçu que des améliorations tout à fait secondaires. Le principe et les dispositions générales n'ont éprouvé aucune modification, ce qui indique que la pratique est satisfaite des résultats obtenus. La complication que l'on reproche souvent aux semoirs anglais est, en effet, plus apparente que réelle. Quand on se rend compte de la multiplicité des conditions à remplir par un bon semoir complet, on admire la simplicité des moyens employés pour résoudre un problème aussi compliqué. Les semoirs des bons constructeurs anglais sont d'ailleurs très-solides; j'en connais qui fonctionnent depuis plusieurs années dans de grandes fermes sans avoir exigé de réparations.

On sait que la plupart des semoirs anglais sont à cuillers implantées dans des disques en tôle. Ces disques sont en nombre égal aux lignes à semer, et montés sur un seul arbre mis en mouvement, à l'aide d'engrenages, par l'une des roues qui porte l'appareil. Les graines sont versées dans des tubes qui les conduisent à terre. Ces tubes se terminent ordinairement par des socs servant à ouvrir le petit sillon destiné à recevoir la graine, tandis que de petits versoirs, ou autres organes appropriés, la recouvrent de terre.

L'emploi de plus en plus général des engrais pulvérulents a rendu nécessaire la construction de semoirs répandant à la fois la graine et l'engrais, soit ensemble, soit en les séparant par une petite couche de terre. D'autres instruments sont destinés à répandre simultanément les grains et les engrais liquides. D'autres, enfin, servent seulement à distribuer uniformément les engrais pulvérulents à la surface du sol. Le semoir de Chamber, que plusieurs fabri-

cants construisent très-convenablement, est un des plus remarquables de cette dernière série.

Presque tous les semoirs exposés étaient d'une très-bonne construction. Parmi les plus remarquables on peut citer ceux de MM. Garrett et fils (Leiston Works, Suffolk), de MM. Holmes, Priest et Woolnough, de M. Smith, etc.

L'exposition française renfermait l'excellent semoir de M. Jacquet-Robillard, auquel le jury du concours de 1860, dont je faisais partie, a décerné une médaille d'or. Cet instrument, à défaut d'essai sur le terrain, ne pouvait être suffisamment apprécié. On comprend difficilement en Angleterre qu'un bon instrument, qui se vend en grand nombre, se présente dans un concours sans un certain soin d'exécution, trop complétement négligé dans le spécimen exposé.

Les autres pays n'ont exposé aucun semoir véritablement remarquable, si l'on en excepte le semoir à coton de M. Blanchard (États-Unis). Le duvet qui adhère à la semence du cotonnier réunit entre elles les différentes graines et rend très-difficile le semis régulier. La machine en question a fort heureusement résolu cette difficulté, à l'aide de cylindres garnis de dents placés au fond de la trémie et animés d'un mouvement rapide de rotation qui sépare les graines les unes des autres avant de les livrer à la terre.

CHAPITRE II.

HOUES A CHEVAL.

Les houes à cheval, qui servent à donner aux plantes en lignes les façons qu'elles réclament, sont le complément indispensable de l'emploi des semoirs.

Par de simples changements de socs, ou autres pièces secondaires, les houes anglaises se prêtent à plusieurs transformations, qui permettent d'exécuter avec un seul

instrument plusieurs opérations différentes qui exigent généralement en France autant de machines distinctes.

On apprécie de plus en plus, en Angleterre, une disposition qui a été remarquée déjà dans nos concours, et que nous recommandons à l'attention de nos constructeurs. Dans les houes dont nous voulons parler, le corps de l'instrument est relié à l'avant-train par des pièces articulées qui permettent d'imprimer aux parties tranchantes un déplacement rapide, à gauche ou à droite, sans que le cheval ait besoin de s'écarter de la ligne qu'il parcourt. L'ouvrier dirige réellement son instrument, au lieu d'être conduit par lui, comme il arrive souvent avec les houes rigides ordinaires. Ce résultat s'obtient à l'aide de mécanismes qui diffèrent d'un constructeur à l'autre, mais qui, généralement, atteignent parfaitement leur but.

Il serait impossible, sans figures, et à moins d'y consacrer un espace considérable, de décrire ces dispositions variées, et de discuter leurs avantages ou leurs inconvénients. Nous rappellerons seulement aux personnes qui achèteraient un semoir et une houe en Angleterre, une précaution quelquefois oubliée : c'est de prendre les deux appareils dans la même fabrique, ou, au moins, de s'assurer que la voie des deux instruments et l'écartement des lignes des tubes et des pieds sont disposés pour aller ensemble.

M. Garrett, que nous avons déjà cité pour ses semoirs, et qui est si justement célèbre comme constructeur, fabrique des houes excellentes et qui, entre des mains adroites, peuvent opérer avec une précision irréprochable.

Les houes de MM. Priest et Woolnough sont également extrêmement bien faites. Ces exposants joignent à leurs houes et à leurs semoirs un accessoire d'une véritable utilité pratique : c'est une sorte de sabot en fer, formant plaque tournante, que l'on place sous une des roues, à l'extrémité du champ, et qui permet de tourner très-facilement avec une grande précision, en laissant l'une des roues dans la trace

même qu'elle vient de parcourir et qu'elle doit suivre en retournant.

Nous signalerons enfin, comme appareil moins compliqué que les précédents, une petite houe de M. W. Smith, de Kettering (Northamptonshire), du prix de 175 à 225 francs, qui rendrait de très-bons services dans toutes nos exploitations, et qui habituerait les ouvriers au maniement de ces appareils, exigeant, on doit le reconnaître, une certaine adresse et une attention soutenue; conditions indispensables, d'ailleurs, dans tous les travaux agricoles un peu délicats.

SECTION III.

APPAREILS DE RÉCOLTE.

CHAPITRE PREMIER.

FAUCHEUSES ET MOISSONNEUSES.

§ 1er. — Faucheuses.

Les faucheuses et les moissonneuses sont encore une grande et récente conquête de la mécanique agricole. Ces machines, encore si nouvelles dans notre pays, sont destinées, sans aucun doute, à un succès aussi rapide et aussi général que celui des machines à battre. Les concours spéciaux pour ces appareils, qui ont eu lieu dans ces dernières années, ont eu un grand retentissement, et je n'aurai à citer, pour ainsi dire, aucun nom qui ne soit déjà connu des agriculteurs français.

La rareté croissante de la main-d'œuvre, surtout au moment des récoltes, donne un grand intérêt aux machines qui nous occupent. Elles réalisent, dès à présent, une économie considérable sur les procédés ordinaires ; elles permettent, d'ailleurs, de couper à temps les céréales et les fourrages, avantage inappréciable pour la qualité et la quantité des produits obtenus.

L'Exposition universelle de 1862 ne présentait aucun de ces types étranges de machines à faucher et à moissonner qui figuraient dans les concours agricoles des années précédentes.

Toutes les machines exposées se rapprochaient des modèles consacrés jusqu'à présent par la pratique, et n'en différaient que par des modifications de détail.

L'appareil de coupage généralement employé aujourd'hui dans les faucheuses ou les moissonneuses, n'est autre chose qu'une série de lames triangulaires, plus ou moins aiguës, finement dentées sur deux de leurs côtés, et assemblées sur une même tige horizontale animée d'un mouvement rapide de va-et-vient. La lame coupante, ainsi composée, maintenue entre des guides de forme convenable, est entraînée vers la récolte par le mouvement du chariot qui porte tout l'appareil, et scie le bas des tiges avec une promptitude et une régularité que l'on ne peut se lasser d'admirer.

La lame de scie et le mécanisme qui lui imprime un mouvement de va-et-vient forment les parties essentielles de l'appareil autour desquelles viennent se grouper les autres organes de la machine. Le mouvement de la lame et des autres pièces du mécanisme est emprunté aux roues qui portent l'appareil, à l'aide d'engrenages et de bielles convenablement disposés.

Les faucheuses ne comportent que l'appareil coupeur, garni d'une espèce de versoir léger, qui sépare l'herbe abattue et trace nettement la piste du passage suivant de la machine. Elles sont munies, en outre, d'embrayages pour suspendre le mouvement, et de leviers pour soulever la lame coupante et régler sa hauteur au-dessus du sol. Ces machines travaillent aujourd'hui parfaitement bien et laissent la récolte sur le sol en couches régulières et très-bien disposées pour le travail ultérieur du fanage à bras ou à la machine.

Les faucheuses de MM. Burgess et Key, et plusieurs autres, exposées dans la galerie anglaise, étaient bien disposées et fort bien exécutées.

Une faucheuse de Wood, classée parmi les produits américains, était aussi remarquable par son exécution que par l'agencement de son mécanisme. Cette machine paraît con-

server le premier rang qui lui a été assigné dans les concours français.

Dans l'exposition de notre pays on remarquait une faucheuse-moissonneuse dont on parlera plus loin, et une faucheuse système Wood, modifiée par M. Faure, construite et exposée par MM. Barbier et Daubrée. Cette machine est bien établie; le mécanisme, en partie renfermé dans une coquille en fonte, est bien protégé contre la poussière et les chocs, et doit donner les bons résultats déjà constatés dans quelques-uns de nos concours régionaux.

Il a été publié si peu de résultats numériques sur l'effort nécessaire au mouvement des faucheuses, qu'il sera utile de reproduire ici les résultats des expériences auxquelles j'ai assisté l'année dernière, pendant le concours de Leeds.

NOMS des CONSTRUCTEURS	NUMÉROS des MACHINES	LARGEUR COUPÉE	SURFACE COUPÉE par heure	EFFORT MOYEN sur le DYNAMOMÈTRE	VITESSE des CHEVAUX par heure	TRAVAIL MOYEN en Chev. vapeur
		mètres.	hectares.	kilog.	mètres.	
Samuelson	603	1,36	0,538	77,9	4006	1,131
Cranston (Wood) .	222	1,29	0,539	59,8	4038	0,918
Burgess et Key ..	499	1,22	0,335	121,9	4384	1,976

On accorda, à la suite de ces essais, à M. Cranston, un prix 200 francs, à MM. Burgess et Key, un prix de 175 francs, et à M. Samuelson, un prix de 125 francs.

On construit en Angleterre, comme en France, des machines qui peuvent, à l'aide de pièces de rechange, fonctionner successivement comme faucheuses et comme moissonneuses. En général, ces machines à deux fins sont inférieures, dans chaque genre de travail, aux machines spéciales. Il est vivement à désirer que cette infériorité disparaisse, à cause de l'économie qui résulterait de la solution complète de ce double problème.

§ 2. — Moissonneuses.

Parmi les moissonneuses, il faut distinguer celles qui déposent automatiquement la récolte coupée sur le sol en javelles ou en andains, et celles où ce travail est confié à un ouvrier monté sur la machine.

Le mécanisme nécessaire à la formation de la javelle ou de l'andain complique nécessairement beaucoup la moissonneuse, augmente son prix et rend sa conduite et son entretien plus difficiles. D'un autre côté, on doit reconnaître que le travail de l'ouvrier chargé de déposer la récolte sur le sol, surtout quand elle est abondante, exige beaucoup de force et d'adresse.

Parmi les machines déposant elles-mêmes la récolte sur le sol, on remarquait à l'Exposition les appareils suivants :

La grande moissonneuse de MM. Burgess et Key, que l'on a vu fonctionner avec tant de succès dans tous nos concours. Les tiges, couchées au moment du coupage par les ailes du volant, tombent sur une série de cylindres en bois animés de vitesses diverses et garnis d'hélices en tôle; ces hélices entraînent les épis et leurs tiges, et les laissent ensuite tomber sur le sol en andain régulier. Cette machine paraît conserver encore la supériorité qu'elle a obtenue dans nos concours.

Une moissonneuse, système Wood, exposée dans la galerie consacrée aux produits des États-Unis, est disposée pour faire la javelle. Les tiges tombent, après le coupage, sur un tablier, où elles sont reprises et poussées sur le sol par une espèce de griffe entraînée par une chaîne sans fin, placée autour du tablier, et animée d'une vitesse convenable pour permettre au râteau de remplir régulièrement son office. Cette disposition est assez simple et fort ingénieuse; avec quelques perfectionnements de détails, elle pourra probablement donner une bonne solution du problème.

Une autre machine américaine, exposée par M. Mac Cor-

mick, était armée d'un véritable râteau destiné à pousser vers le sol les tiges abattues sur le tablier. Ce râteau, commandé par une série d'engrenages et par une came assujettie à suivre une courbe convenablement tracée, exécute un mouvement automatique très-curieux; mais le mécanisme, qui rappelle celui d'Atkins, semble trop compliqué et trop fragile, dans son état actuel, pour une machine agricole.

La moissonneuse exposée par MM. Barbier et Daubrée est garnie, pour faire l'andain, du tablier de l'ancienne machine de Bell, modifié d'une manière heureuse. En simplifiant les transmissions de cet appareil, il pourra donner de bons résultats.

La faucheuse-moissonneuse de M. le docteur Mazier, si avantageusement connue en France, figurait à l'Exposition de Londres. La simplicité de sa construction, son faible volume, la rendent excessivement précieuse dans beaucoup de circonstances, et la feront souvent préférer par nos agriculteurs aux appareils plus parfaits, mais aussi plus compliqués, plus lourds et plus volumineux dont il a d'abord été question.

Certaines moissonneuses sont munies d'un tablier à bascule qui facilite le travail de l'ouvrier chargé de déposer la récolte sur le sol; mais alors ce dépôt a lieu derrière la machine, sur l'espace qu'elle devra parcourir dans le voyage suivant, ce qui nécessite un assez grand nombre d'ouvriers pour ranger immédiatement les gerbes.

Les autres nations ne présentaient point de machines de cette classe dignes d'une étude spéciale. Je mentionnerai seulement les faucheuses exposées par M. Pintus, de Berlin, parfaitement bien exécutées, ainsi que tous les instruments de cet habile fabricant, qui a réalisé en Prusse, sous le rapport des machines agricoles, de très-grands perfectionnements depuis 1855.

Comme pour les faucheuses, on reproduira ici les résultats dynamométriques des expériences faites à Leeds sur diverses moissonneuses.

NOMS DES CONSTRUCTEURS.	Numéros des machines.	Largeur moissonnée.	Longueur moissonnée.	Surface moissonnée.	Temps employé.	Effort de traction.	Vitesse des chevaux par heure.	Surface moissonnée par heure.	Travail en chevaux-vapeur.
		mèt.	mèt	m. q.	min.	kilom.	mèt.	hectar.	
Burgess et Key........	491	1.73	214	370	3.0	200.3	4.486	0.74	3.138 (1)
Trustees of Croskill ...	402	2.51	214	537	8.0	188.9	4.186	1.07	2.95 (1)
Picksley et Sims......	1253	1.60	214	342	2.35	93.4	4.950	0.79	1.696 (2)
Cuthbert..............	321	1.35	214	289	2.50	120.0	4.525	0.61	1.99 (2)

(1) Dépôt automatique de la récolte.
(2) Dépôt à bras de la récolte.

On n'insistera pas ici sur le prix de revient du travail des moissonneuses et des faucheuses, et sur les économies que ces machines permettent de réaliser. Il a été publié en France, à cet égard, de nombreux renseignements.

CHAPITRE II.

FANEUSES ET RATEAUX.

§ 1er. — Faneuses mécaniques.

Les faneuses et les râteaux à cheval sont très-employés en Angleterre; un assez grand nombre de ce instruments figuraient à l'Exposition.

Les faneuses mécaniques n'ont reçu, depuis un assez grand nombre d'années, aucune modification radicale. Mais les réseaux verticaux en filet ou en fil métallique, que l'on place maintenant derrière le cheval, sont très-utiles, surtout quand il fait du vent, et constituent une véritable amélioration. Le tambour qui porte les dents peut, dans les bonnes faneuses, tourner dans un sens ou dans l'autre par le simple déplacement d'une roue dentée. Par le mouvement en arrière, on

ménage, autant qu'il est nécessaire, les fourrages qui s'effeuillent facilement. Parmi les faneuses les plus remarquables, on peut citer celles de M. Nicholson, auquel on doit l'emploi des filets placés derrière le cheval; celles de M. Howard et de plusieurs autres fabricants.

§ 2. — Râteaux.

Les râteaux à cheval sont modifiés de mille manières, au gré des constructeurs; mais, en définitive, il faut toujours que les dents soient indépendantes les unes des autres, et que l'on puisse les soulever toutes ensemble sans un trop grand effort, quand elles ont ramassé assez de foin. Ces conditions sont parfaitement remplies par les râteaux de M. Howard, qui sont d'ailleurs très-solides et d'une construction soignée. Plusieurs râteaux fort ingénieusement disposés, avec siége pour le conducteur, figuraient dans les galeries de l'Exposition ; ils sont tous malheureusement un peu compliqués.

Parmi les machines françaises se trouvait le râteau fort ingénieux de M. G. Hamoir, que son exécution trop négligée n'a point permis d'apprécier comme il mérite de l'être.

Les instruments dont on vient de parler sont maintenant tout à fait pratiques. Les faucheuses et les moissonneuses se multiplient rapidement, et l'emploi de ces dernières machines rendra de plus en plus utiles les râteaux à cheval, et surtout les faneuses, dans les pays où la dessiccation des fourrages présente quelques difficultés.

SECTION IV.

MACHINES DE GRANGES ET DE COURS; USTENSILES DE LAITERIE; VÉHICULES ET HARNAIS.

CHAPITRE PREMIER.

MOTEURS ET MACHINES A BATTRE.

Cette section comprend maintenant un nombre considérable d'appareils ; on ne peut que mentionner ici les séries principales en citant, pour chacune d'elles, les machines les plus dignes de fixer l'attention des agriculteurs français. On suivra d'ailleurs, dans ces indications, à peu près l'ordre adopté pour les subdivisions des sous-classes IV et V de la classification anglaise.

§ 1er. — Moteurs

Les machines à vapeur fixes ou locomobiles applicables aux travaux agricoles, sont placées dans cette subdivision de la classification anglaise. Mais il a été convenu que le rapport français sur les machines à vapeur comprendrait les appareils de cette catégorie, et, par conséquent, on ne s'en occupera pas ici. On se bornera à signaler les nombreuses tentatives de construction de machines à vapeur agricoles pouvant circuler sur les routes ordinaires en remorquant les machines à battre ou autres engins qu'elles doivent mettre en jeu à leur point de stationnement. Quel-

ques machines résolvent déjà ce problème, mais elles semblent réclamer encore beaucoup de perfectionnements avant de rendre des services usuels et véritablement économiques.

Les moteurs hydrauliques sont fréquemment employés dans les fermes assez heureuses pour disposer d'une chute d'eau. Cependant aucun appareil de cette espèce n'a été spécialement renvoyé à l'examen de la classe IX. Je dirai d'ailleurs que grâce aux travaux de ses savants et de ses ingénieurs, la France n'a rien à envier à l'Angleterre pour la construction des moteurs hydrauliques, qui sont généralement mieux étudiés et mieux disposés chez nous que partout ailleurs.

Comme moteurs à vent, l'Exposition ne présentait rien de remarquable. Je mentionnerai seulement la réunion de l'arbre horizontal des ailes d'un moulin à vent à un arbre vertical par un fort ressort à boudin destiné à remplacer les roues d'angles ordinairement employées. L'expérience seule pourrait apprendre si les déformations successives du ressort absorbent moins de force que le frottement des roues d'angle, ce qui paraît douteux. L'exposant de cette machine, M. Thirion, dit en avoir établi plusieurs en Belgique.

Les manéges, enfin, ne présentent en Angleterre rien de remarquable qui ne soit depuis longtemps importé en France. Nos bons constructeurs français font ces appareils au moins aussi bien que les mécaniciens anglais. Nous citerons cependant comme très-commodes, dans certains cas, les petits appareils de transmission applicables à tous les manéges, et que font très-bien plusieurs mécaniciens, entre autres, M. Bentall. Ces appareils coûtent 98 fr. 40 c. pour un manége à un cheval, 114 fr. 75 c. pour un manége à deux chevaux, et 153 francs pour un manége à trois ou quatre chevaux.

Le manége de M. Pinet, qui faisait partie de l'exposition française, est trop connu et trop apprécié pour qu'il soit utile de le décrire ici. Depuis l'Exposition de 1855, l'inventeur dit en avoir vendu quatre mille cinq cents. Cet appareil

est, en effet, très-bien disposé pour l'agriculture, et il conserve à l'étranger la place distinguée qu'il occupe dans nos concours.

§ 2. — Machines à battre.

Les machines à battre adoptées en Angleterre, comme tant d'autres machines dont on a déjà parlé, n'ont point reçu de modifications importantes depuis quelques années. On remarquait seulement, sur un certain nombre de machines anglaises, le remplacement des élévateurs à godets par un élévateur particulier, formé d'une roue analogue à celles des ventilateurs, dont les palettes reçoivent le grain et le lancent dans un canal plus ou moins incliné à la hauteur convenable. Cette disposition est assez simple et mérite d'être signalée, mais elle exige une grande précision d'exécution, et l'on peut craindre que le choc des palettes ne brise quelques grains. Une expérience prolongée permettra seule d'apprécier cette disposition encore nouvelle, et adoptée déjà par quelques-uns des principaux constructeurs.

En général, pour mettre en fonction les grandes machines à battre portatives, on cale les roues sur le sol à l'aide de coins. Cette disposition fatigue assez l'avant-train et les boîtes des essieux. Dans la machine exposée par M. Hornsby le calage se fait à l'aide d'une semelle et de coins placés entre les bâtis de la machine et les roues, qui sont d'un assez petit diamètre et placées sous le bâti lui-même. On doit obtenir ainsi une grande stabilité sans les inconvénients ordinaires.

Les machines anglaises sont généralement plus massives que les nôtres, et moins bien appropriées, sous beaucoup de rapports, aux exigences particulières de nos cultivateurs. Dans l'état actuel de cette fabrication, les agriculteurs français peuvent s'adresser sans hésiter à nos bons fabricants, qui vendent beaucoup de leurs machines à l'étranger.

L'exposition anglaise de machines à battre était néanmoins des plus brillantes; on y rencontrait les appareils de MM. Tuxford; Ransomes et Sims; Hornsby; Garrett; Barrett, Exall et Andreews, autant de noms qui dispensent de tout éloge.

Le ventilateur de la machine de M. Garrett est fort simple et d'une très-bonne construction. Bien que son volume soit peu considérable, il suffit à donner du vent dans les trois compartiments où il en est besoin, c'est-à-dire au débourrage et dans les deux séries de cribles du nettoyage. Les petites machines portatives du même exposant, ne vannant ni ne criblant, jouissent toujours en Angleterre d'une grande réputation. On mentionnera aussi le batteur de MM. Barrett, Exall et Andreews, construit entièrement en fer, avec battes en tôle estampée et découpée d'une manière assez ingénieuse.

La collection des batteuses françaises était aussi fort remarquable. Nos machines n'avaient pas l'éclat et le fini extérieur des machines anglaises exécutées, la plupart, en vue de l'Exposition, elles représentaient bien réellement l'état de notre fabrication courante.

M. Albaret, successeur de feu M. Duvoir, si avantageusement connu des cultivateurs du bassin de Paris, présentait une machine complète à battre en travers, avec deux cylindres batteurs et deux tables d'alimentation. Cette machine, qui ne froisse pas la paille, est destinée aux très-grandes exploitations, ou aux entrepreneurs. Elle exige environ six chevaux de force, et doit battre 2,400 kilogrammes de gerbes à l'heure.

M. Cumming, d'Orléans, avait une bonne machine complète, à laquelle il a ajouté depuis peu un nouveau secoueur, bien disposé, et qui peut, sans difficulté, s'adapter aux machines existantes.

Les éloges donnés par le jury de 1855 à la machine américaine de Pitts, ont conduit M. Ganneron à s'occuper de la construction d'une batteuse de ce système, en y appor-

tant quelques modifications utiles. Ces puissants appareils sont parfaitement appropriés aux besoins des entrepreneurs de battage et des grandes exploitations dans les pays où l'on consomme la paille sur place.

Enfin, à côté de son manége, M. Pinet avait exposé sa petite machine à battre, sans nettoyage, si répandue dans nos petites exploitations. Elle a particulièrement fixé l'attention des cultivateurs écossais, si bons appréciateurs des instruments simples et pratiques.

Les autres nations n'exposaient que des machines très-ordinaires. Nous avons retrouvé cette année, sans aucune amélioration, une partie des batteuses de l'Exposition de 1855.

§ 3. — Appareils divers.

A côté des machines à battre, se placent naturellement les égrenoirs à maïs. L'Exposition en offrait quelques exemples, qui ne présentaient d'ailleurs rien de particulier.

On doit mentionner aussi une machine à égrener le trèfle, exposée par M. Holmes. Cet appareil, d'un prix élevé, ne convient que dans des circonstances toutes particulières. Je n'ai d'ailleurs jamais eu l'occasion de le voir fonctionner d'une manière suivie.

Immédiatement après les machines à battre, dans la classification anglaise, viennent se placer les *secoueurs* et les *élévateurs de paille.*

Les secoueurs proprement dits font ordinairement partie intégrante de la machine à battre, il n'y a pas à y revenir ici.

On désigne sous le même nom des instruments destinés à débarrasser la paille hachée de la poussière et des impuretés qu'elle peut renfermer. L'Exposition n'offrait pas d'instruments de cette espèce. Il serait, du reste, difficile de faire mieux que nos cylindres secoueurs ordinaires, d'un prix si modique et d'un si bon usage, qu'il serait, d'ailleurs, inutile de décrire ici.

Il convient, au contraire, d'appeler l'attention des constructeurs et des agriculteurs français, d'une manière toute spéciale, sur les élévateurs de paille, appareils très-utiles et déjà fort employés en Angleterre.

Ce genre de machine occupe assez de place et ne figurait à l'Exposition que par un seul modèle à très-petite échelle, exposé par MM. Welkinson, Wright et Cᵉ, qui a pu échapper à beaucoup de visiteurs. Mais j'ai souvent eu l'occasion, dans mes voyages antérieurs, de voir fonctionner des élévateurs de paille; les propriétaires qui les emploient s'en louent beaucoup, et ils sont utiles à connaître, maintenant surtout que l'on demande si souvent aux machines de suppléer la main-d'œuvre toujours trop rare au moment de la récolte.

L'élévateur de paille qui me paraît le plus simple se compose d'un filet sans fin enroulé sur deux tambours à axe horizontal, portés aux extrémités d'un cadre léger en charpente que l'on peut allonger ou incliner plus ou moins à volonté. L'un des tambours reçoit un mouvement de rotation, qu'il transmet au filet, dont la nappe supérieure forme un plan incliné mobile qui transporte du sol au sommet de la meule ou du grenier la paille ou le foin que l'on jette à sa surface. Tout l'appareil, porté sur deux roues, est facilement traîné par un cheval.

Les élévateurs de paille à filet sont très-bien établis par les exposants ci-dessus nommés. Rien ne serait plus facile, d'ailleurs, que d'en faire établir la charpente par un charron ordinaire, et d'acheter seulement le mécanisme à un constructeur d'instruments d'agriculture.

Dans d'autres élévateurs le filet est remplacé par un système articulé, garni de dents de fourches, mobile sur un cadre en charpente, qu'on incline plus ou moins à l'aide de crémaillères. MM. Clayton, Schuttleworth construisent très-bien les élévateurs de ce système, qui accompagnent souvent leurs batteuses portatives.

CHAPITRE II.

PRÉPARATION ET CONSERVATION DES RÉCOLTES.

§ 1er. — Tarares et nettoyeurs.

Les tarares anglais de l'Exposition ne présentent en général rien de particulier, qu'un soin extrême d'exécution. Les bons constructeurs français ont maintenant introduit dans leurs appareils la plupart des perfectionnements que l'on trouvait seulement autrefois en Angleterre. Cependant nous devons signaler, comme des instruments très-dignes de servir encore de modèles, les tarares de MM. Garrett et fils.

On remarquait dans l'exposition française le très-bon tarare débourreur de M. Pinet. On citera encore les tarares ordinaires de M. Yolant et de M. Vilcocq.

Un appareil de criblage et de nettoyage extrêmement intéressant est celui de MM. R. Boby, Saint-Andrew's-Works, à Bury Saint-Edmunds (Suffolk). Les cribles sont plats et parfaitement exécutés; ils sont constamment maintenus dans un état parfait de propreté par de petites rondelles de tôle très-simplement disposées pour atteindre ce but. Le travail produit par ces instruments est véritablement excellent, et la force nécessaire à leur mise en action varie de la moitié aux deux tiers de celle que nécessitent les appareils analogues pour le traitement d'un même poids de grain. Le crible Boby, donnant 21h,8 à l'heure, coûte 212 fr. 50 c. sans ventilateur, et 287 fr. 50 c. avec ventilateur. Le modèle plus grand, donnant 32h,7, coûte 337 fr. 50; enfin les appareils conduits par un moteur coûtent de 487 fr. 50 c. à 612 fr. 50 c.

Nous devons encore signaler les essais tentés par M. Childs pour séparer les grains par densité à l'aide d'un courant d'air.

On emploie en Angleterre des appareils spéciaux pour ébarber l'orge. Ce sont des cylindres traversés par un arbre armé de couteaux à lames mousses qui impriment un mouvement de rotation régulier au grain que renferme la machine. L'orge paraît plus difficile à ébarber en Angleterre que dans plusieurs de nos départements; cependant les ébarbeurs anglais rendraient probablement des services dans les pays un peu humides, où l'on produit beaucoup d'orge, et où il importe de lui donner un bel aspect pour le marché.

Les appareils de nettoyage de grande dimension pour les grains n'offraient rien de nouveau. On citera seulement, pour sa bonne disposition et le soin apporté à son exécution, le nettoyage complet pour moulins exposé par M. Marie, de Belgique.

§ 2. — Conservation des grains.

Le blé conservé dans les greniers est exposé aux attaques et aux souillures des insectes et des petits animaux si nombreux qui s'en nourrissent, et aux effets de l'échauffement, espèce de fermentation plus ou moins active qui tend toujours à s'établir dans les amas de matières organiques exposées au contact de l'air. On combat ordinairement ces causes d'altération au moyen de pelletages et de nettoyages, opérations qui consistent à déplacer le tas de blé en jetant le grain à la pelle d'un point à l'autre du grenier, et à le faire passer plus ou moins fréquemment dans un tarare, qui tend à l'épurer et à le refroidir par une ventilation énergique.

Ces opérations constituent une main-d'œuvre assez coûteuse, et font subir au blé un déchet très-notable. Ce déchet n'est pas dû seulement, comme on le répète à tort, à l'élimination des impuretés et à une dessiccation; il est dû, en outre, à une véritable combustion lente de la substance du grain. Si l'on analyse l'air contenu dans les tas de blé de nos greniers, on y trouve une forte proportion d'acide carbo-

nique, le même gaz que celui qui s'échappe de nos fourneaux allumés. Ainsi l'aérage du grain, indispensable pour l'empêcher de s'échauffer et de s'altérer complétement, lui enlève une partie de sa substance propre, et plus cet aérage est énergique, plus le déchet dû à cette cause est considérable, toutes choses égales d'ailleurs.

On comprend, d'après cela, qu'il soit possible, par des moyens mécaniques plus ou moins ingénieux, de réduire dans les greniers importants les frais de main-d'œuvre, de pelletage et de nettoyage ; c'est là déjà un grand service rendu au commerce des grains. Mais on comprend aussi que ces procédés, si ingénieux qu'on les suppose, ne peuvent faire disparaître les causes de déchet inhérentes à la nature même des choses et signalées précédemment ; on comprend même qu'un aérage trop énergique puisse, dans certaines limites, augmenter ces causes de déchet, si, surtout, on n'assure pas en même temps le refroidissement complet de la masse emmagasinée.

Les procédés mécaniques peuvent donc, assurément, remplacer avec économie les pelletages et les vannages à la main, ils peuvent être plus sûrs et plus énergiques, mais ils sont impuissants, aussi bien que ces procédés eux-mêmes, à supprimer les déchets, à résoudre, en un mot, le problème de la conservation complète du blé, poids pour poids, qualité pour qualité.

Cette solution devait être cherchée dans une autre voie : dans l'emploi méthodique de moyens fondés sur la destruction radicale des insectes qui vivent de grain, et la suppression des actions chimiques qui déterminent l'échauffement et la combustion lente des céréales.

Les recherches poursuivies dans cette dernière voie ont été couronnées d'un plein succès, dont l'honneur revient tout entier à la France, et dont l'importance n'a pas échappé au jury de la neuvième classe.

L'auteur de cette découverte est M. Doyère. Après de

longues et laborieuses études, il a reconnu que le grain renfermé dans des capacités imperméables au gaz, avec certaines précautions faciles à réaliser, et qu'il a nettement définies, pouvait se conserver sans main-d'œuvre, sans altération et sans déchet. Les capacités employées par M. Doyère pour renfermer le grain sont construites en tôle mince revêtue d'un vernis particulier, et entourées d'une enveloppe en béton ou en maçonnerie. Ce sont de véritables silos, mais des silos construits avec des précautions toutes particulières, et indispensables au succès dans nos climats.

Les silos de M. Doyère peuvent être établis depuis les plus grandes dimensions jusqu'aux plus modestes proportions, et conviennent aux plus petites fermes comme aux plus grands magasins. En observant les précautions indiquées par l'auteur, le blé peut s'y conserver sans main-d'œuvre et sans déchet d'aucune sorte, ainsi que l'ont constaté les expériences en grand faites par des particuliers et par les administrations de la guerre et de la marine. Le prix d'établissement est de 5 francs par hectolitre en moyenne. On construit dans ce moment, à Brest, un magasin de 70,000 hectolitres.

C'est donc avec raison que M. Michel Chevalier, président de la section française du jury international, écrivait, il y a déjà longtemps : « Le problème d'un ensilage économique et certain dans ses effets peut être considéré comme résolu aujourd'hui, grâce à M. Doyère; par conséquent, il est possible de former des réserves à peu de frais. C'est un grand encouragement aux opérations commerciales qui auraient pour objet de conserver l'excédant des bonnes années, afin de subvenir aux besoins qu'entraîne l'apparition des vaches maigres. C'en est un pour la création d'institutions de crédit où les cultivateurs obtiendraient des avances contre le dépôt de leurs récoltes en grains. Ce serait la fondation du crédit agricole, qu'il faut bien distinguer du crédit foncier, et dont la production des céréales a beaucoup à attendre. »

Les exposants dont il reste à parler se sont bornés à perfectionner les procédés ordinaires de conservation des grains par le pelletage et le nettoyage.

M. Huart expose les dessins de son grenier conservateur, dont un si beau spécimen a été établi, il y a quelques années, dans les magasins du quai de Billy. Le blé, renfermé dans des caisses prismatiques en tôle très-élevées, peut s'écouler à leur partie inférieure; il est conduit par des vis sans fin à un appareil de nettoyage, et repris par des chaînes à godets qui le remontent à la partie supérieure du grenier. Une machine à vapeur est chargée de mettre en mouvement tout ce mécanisme.

Le grenier de M. Pavy se rapproche, par ses dispositions principales, du précédent; mais il est spécialement approprié aux besoins des fermes. La capacité qui renferme le grain est en briques creuses, qui s'assemblent circulairement comme des douves de tonneau. Ce mode de construction est économique et très-satisfaisant. Le mécanisme est mû à bras ou par la machine à vapeur de la batteuse. Ce grenier présente d'ailleurs, pour le mesurage du grain et son nettoyage, de très-ingénieuses dispositions.

On voyait à l'exposition suédoise un modèle de grenier pour sécher les récoltes. Cet appareil était bien disposé, mais serait difficile à faire comprendre sans figures. Dans certaines années pluvieuses, un grenier de cette espèce pourrait être utile dans quelques-uns de nos départements.

§ 3. — Appareils de meunerie, broyeurs, hache-paille, etc.

Plusieurs constructeurs anglais avaient exposé des moulins à farine avec ou sans bluterie. Ces appareils, de petites dimensions en général, et destinés exclusivement aux exploitations rurales, étaient remarquables, pour la plupart, par la solidité et la bonne disposition de leurs bâtis en fonte, qu'il conviendrait d'imiter. Le reste du mécanisme,

bien exécuté d'ailleurs, ne présentait rien de particulier; plusieurs détails très-intéressants, adoptés par les constructeurs français, ne se retrouvent même pas chez nos voisins. Ces petits moulins servent dans les fermes pour l'approvisionnement de la maison, et surtout, en général, pour la mouture grossière des grains destinés aux animaux. Nous citerons, comme les plus remarquables par leur bonne exécution, ceux de MM. Barrett, Exall et Andreews, et de MM. Clayton et Shuttleworth.

M. Hugues avait exposé un modèle de meule de moulin mobile dans sa mouture autour de deux axes rectangulaires, comme les boussoles marines, afin de pouvoir prendre, à chaque instant de son mouvement de rotation, l'inclinaison la plus convenable à son fonctionnement.

Les meules françaises jouissent toujours en Angleterre de leur ancienne réputation. L'examen de ces produits appartient d'ailleurs à une autre classe. Il en est de même des grands appareils de meunerie. Nous devons cependant parler de deux exposants dont les machines ont été renvoyées à l'examen de la classe IX, bien que se rattachant à l'art du meunier.

Le premier de ces exposants est M. Perrigault, de Rennes, auquel on doit un appareil très-intéressant pour l'aération des meules et le dépôt des folles farines.

M. Perrigault dirige entre les meules un courant d'air régulier qui refroidit la boulange, rend le travail plus facile, et améliore la qualité du produit. Le système de ventilation de M. Perrigault est très-bien entendu, il possède tous les moyens de réglage nécessaires, et paraît supérieur aux dispositions employées antérieurement, car le principe de la ventilation des meules n'est pas nouveau.

L'appareil pour le dépôt des folles farines semble, au contraire, n'avoir pas encore été employé, et repose, dans tous les cas, sur une observation fort curieuse. M. Perrigault s'est aperçu, en effet, que les poussières légères qui flot-

tent indéfiniment dans l'air d'une chambre se déposent, au contraire, rapidement quand elles approchent de la surface des corps solides, qui paraissent exercer sur elles une véritable attraction. Au lieu d'amener les folles farines dans une grande chambre ne présentant que ses quatre murs, comme on le fait habituellement, et où le dépôt est lent, imparfait et accompagné d'inconvénients de toute sorte, M. Perrigault a donc eu l'idée de conduire l'air sortant des meules et chargé de folle farine dans une caisse plate, peu épaisse, et partagée en plusieurs compartiments par des planches minces, très-rapprochées les unes des autres et destinées à multiplier les surfaces qui facilitent le dépôt. L'emploi des appareils de M. Perrigault a été expérimenté avec succès dans plusieurs usines, notamment par l'administration de la marine, à Brest, et par l'usine Scipion, à Paris.

Le second appareil se rattachant à la meunerie dont nous avons à parler est l'étuve à farine de M. Touaillon. L'étuvage des farines est une opération quelquefois indispensable et souvent fort utile pour leur conservation, mais qui exige, pour être bien exécutée, des conditions particulières assez difficiles à réaliser. La simplicité de la méthode de M. Touaillon assure son succès. Son étuve se compose simplement d'une grande cuvette peu profonde, en tôle galvanisée, avec un double fond où circule un serpentin traversé par un courant de vapeur. Quatre bras en bois, armés de brosses, tournent autour d'un axe vertical placé au centre de la cuvette. Les brosses remuent lentement la farine placée dans l'étuve, et la font arriver plus ou moins vite, selon qu'elle a besoin d'être plus ou moins séchée, jusqu'à l'ouverture par laquelle on la recueille. L'étuve, étant complétement ouverte, est facile à surveiller et à entretenir parfaitement propre. Un grand nombre de ces appareils existent en France et à l'étranger, particulièrement en Amérique.

§ 4. — Broyeurs, concasseurs et aplatisseurs.

L'habitude, si générale en Angleterre, de faire entrer dans la nourriture des animaux une assez forte proportion de grain broyé, ou seulement concassé, a conduit à imaginer un très-grand nombre d'appareils de cette classe. Mais peu à peu les meilleurs modèles se sont substitués aux autres, et si, maintenant, les concasseurs sont très-nombreux dans les concours, les dispositions réellement différentes les unes des autres se réduisent à un très-petit nombre.

Les broyeurs et les concasseurs se rapportent à deux types principaux. Ces instruments se composent de rouleaux cannelés ou striés, plus ou moins rapprochés; ou bien sont formés de deux surfaces coniques, l'une convexe et l'autre concave, sillonnées d'entailles longitudinales, et disposées à peu près comme la noix des moulins à café ordinaires.

L'aplatissement des graines, spécialement de l'orge et de l'avoine, s'exécute ordinairement entre des surfaces cylindriques unies, d'un assez grand diamètre et d'une faible largeur. On dit en Angleterre que l'avoine traitée par cet instrument fait d'un vieux cheval un jeune, et d'un jeune un diable. Il est certain, en effet, que l'on évite la perte de beaucoup de graines que les chevaux n'ont pas le temps de broyer et qu'ils ne digèrent pas, surtout quand ils travaillent beaucoup et qu'ils sont obligés de consommer en peu de temps de fortes rations d'avoine.

Les instruments de cette subdivision doivent être solides, composés de matériaux de très-bonne qualité, et posséder des moyens de réglage suffisants pour obtenir avec chaque sorte de graine le degré de broyage le plus convenable. Sous ces divers rapports les concasseurs et les aplatisseurs de M. Turner, d'Ipswich, ne laissent rien à désirer. Les concasseurs de MM. Richmond et Chandler et de plusieurs autres fabricants sont aussi d'une excellente construction.

Il convient encore de placer à côté des machines précédentes les broyeurs de tourteaux, instruments très-simples et fort commodes pour réduire en poudre ou en petits fragments les tourteaux que l'on emploie comme engrais ou comme aliment du bétail.

§ 5. — Hache-paille

Bien que le hache-paille soit un instrument très-connu et qu'il en existe beaucoup de bons modèles, on en rencontre encore souvent de très-médiocres. Il ne sera donc pas inutile de s'arrêter un instant à cette classe d'instruments, dont l'emploi se généralise de plus en plus avec l'extension des cultures perfectionnées, des distilleries, etc.

On sait qu'il y a dans les hache-paille trois dispositions principales des lames. Tantôt, la lame, guidée par une bielle, est animée d'un mouvement alternatif, comme dans les hache-paille dits à guillotine, dont l'usage est maintenant tout à fait abandonné; tantôt, les lames sont disposées à la surface d'un cylindre creux, suivant une hélice allongée. Cette disposition, encore adoptée dans de bons instruments, tend cependant à disparaître également. Les lames doivent avoir une forme un peu contournée, pour agir convenablement, ce qui rend difficile leur affutage et leur réglage. Enfin, dans la disposition généralement préférée aujourd'hui, les lames sont fixées dans le plan d'un volant, perpendiculairement auquel s'avance le fourrage à couper. Le tranchant des lames est convexe, mais plan, et l'affutage et le réglage sont beaucoup plus faciles. Le mécanisme se réduisant à un volant, on obtient sans peine la force et la précision nécessaires.

La partie tranchante du hache-paille est sans contredit la plus importante. Cependant, le mécanisme destiné à faire avancer la paille exerce aussi une grande influence sur le fonctionnement de ces machines. Le fourrage doit être con-

venablement comprimé pendant le passage du couteau : si la pression est insuffisante, le coupage se fait mal et la lame se fatigue; si, au contraire, elle est trop énergique, on dépense en pure perte une force plus ou moins considérable. Ce mécanisme doit donc être disposé de manière à exercer une pression régulière, quelles que soient les variations de l'alimentation. De plus, il doit donner le moyen de varier la longueur de la paille hachée dans des limites assez étendues.

Tous les constructeurs anglais de quelque réputation font convenablement les hache-paille. Nous mentionnerons entre autres ceux de MM. Richmond et Chandler.

Les hache-ajonc sont des instruments destinés à rendre beaucoup de services dans nos pays de landes. Un très-bon instrument de cette espèce est celui de MM Barrett, Exall et Andreews, avec lequel deux chevaux attelés à un manége peuvent fournir par jour 90 hectolitres d'ajonc coupé et convenablement brisé.

Dans l'exposition française, on remarquait le grand hache-paille de M. Albaret, dont les dispositions mécaniques sont très-bonnes, et supérieures, à plusieurs égards, à celles des instruments similaires de la Grande-Bretagne.

§ 6. — Coupe-racines.

Les instruments destinés à préparer les racines pour la nourriture des animaux peuvent se partager en trois divisions principales : ceux qui coupent les racines en lames, ceux qui les découpent en prismes réguliers, et enfin ceux qui les réduisent en une pulpe grossière, très-facile à mélanger intimement avec certains fourrages secs très-absorbants.

Les coupe-racines ordinaires, le plus habituellement employés dans nos campagnes, se composent, en principe, d'un disque en fonte monté sur un arbre horizontal, et présentant un certain nombre d'ouvertures étroites, allant du centre à

la circonférence, sur les bords desquelles sont fixées des lames tranchantes. Les racines jetées dans une trémie placée contre le disque rencontrent les couteaux quand on met le disque en mouvement, et se trouvent divisées en tranches dont l'épaisseur est réglée par la saillie de lames sur le plan du disque

Les coupe-racines anglais étaient très-bien exécutés, notamment ceux de M. Turner, mais ne présentaient d'ailleurs aucune particularité remarquable.

Les coupe-racines à disque ne seraient pas assez puissants pour les très-grandes exploitations, et surtout pour les distilleries; il est donc avantageux, dans beaucoup de cas, de leur substituer des instruments dans lesquels les lames sont placées à la surface d'un cône vertical entouré d'une trémie dans laquelle on jette les racines. Le coupe-racines de Grignon appartient à cette classe d'appareils, qui, plus ou moins modifiés par chaque constructeur, se trouvent maintenant dans presque toutes nos distilleries, et rendent d'excellents services. M. Radidier avait également exposé un coupe-racines à cône horizontal convenablement disposé, et d'une exécution solide.

Il est quelquefois nécessaire, pour les moutons surtout, de découper les racines, non plus en lames, mais en prismes plus ou moins allongés. On peut, à la rigueur, obtenir ce résultat en donnant aux couteaux de l'instrument précédent une forme dentée, ou bien en plaçant de petites lames perpendiculaires au disque dans la lumière par laquelle sortent les tranches. Mais le travail est rarement tout à fait satisfaisant, et l'affutage des lames devient plus compliqué. On a donc construit en Angleterre, surtout pour couper les navets destinés aux moutons, un instrument spécial formé d'un cylindre horizontal, dont la surface présente des emporte-pièce très-bien disposés et qui font un travail irréprochable. Le même instrument, en faisant tourner le cylindre en sens contraire, peut aussi servir à couper des tranches. Cet excel-

lent appareil a souvent figuré dans nos concours; il mérite une attention spéciale.

Les dépulpeurs se composent d'un cylindre plein dans lequel sont implantées, selon des lignes hélicoïdales, les dents destinées à déchirer les racines contenues dans une trémie fixée au-dessus de ce cylindre. Les dents se nettoient en passant entre les filets d'une vis dont le pas est le même que celui de l'hélice suivant laquelle les dents sont implantées sur le cylindre. Cet instrument, très-ingénieux et très-efficace, est connu sous le nom de *dépulpeur de Bentall.* Il est fort bien exécuté par plusieurs fabricants.

Les laveurs de racines, qui devraient se placer avant les instruments précédents, sont les mêmes en Angleterre et en France. Nos bons constructeurs les établissent fort bien et avec tous les perfectionnements nécessaires.

§ 7. — Appareils divers.

La cuisson des aliments pour le bétail se fait généralement à la vapeur dans des vases séparés de la chaudière, et tournant facilement autour d'un axe horizontal convenablement placé pour rendre faciles les manœuvres de remplissage ou de vidange. L'appareil de MM. Amies et Barford, formé d'une petite chaudière et de deux vases pour la cuisson placés à droite et à gauche, et que tout le monde connaît, est encore un des plus employés en Angleterre. Les appareils de cuisson ont été très-étudiés en France depuis quelques années; on en trouve de très-bien disposés chez beaucoup de fabricants: il serait inutile de s'y arrêter plus longtemps.

Les installations complètes de porcheries et de vacheries, exposées par M. Musgrave, seraient trop coûteuses pour nos fermes, mais elles présentent plusieurs ustensiles que l'on peut acheter séparément, et qui sont bien entendus. Nous citerons particulièrement les auges à porcs, qui peuvent être tirées en dehors de la loge comme un tiroir, et dont le net-

toyage et le remplissage sont très-faciles. Cette disposition est plus simple que les portes ordinairement employées.

Les pompes à incendie, à purin, à engrais liquides et de jardinage, faisaient partie des objets soumis à une autre classe. Je n'ai pas à les examiner en détail, mais je dois dire que les pompes des bons constructeurs français sont généralement mieux étudiées que les pompes anglaises. Les pompes à engrais liquides des mécaniciens anglais sont à plongeur, fort bien exécutées, bien ramassées, mais elles pèchent, presque toutes, par l'insuffisance des tuyaux d'aspiration et de refoulement, défaut d'autant plus utile à signaler qu'il est peu apparent quand on n'étudie pas la machine avec une attention toute particulière, et, pour ainsi dire, le mètre et le compas à la main.

Les appareils de pesage et de mesurage pour les grains, le bétail, etc., compris pour mémoire dans la classification anglaise des machines agricoles, ont été renvoyés à une autre classe du jury. Nous n'avons pas à parler ici de ces instruments si utiles à la bonne administration des exploitations rurales.

CHAPITRE III.

USTENSILES DE LAITERIES.

Cette classe très-nombreuse d'appareils n'était malheureusement représentée à l'Exposition que par un fort pet[14] nombre d'objets. Cette lacune est d'autant plus regrettable que les ustensiles de laiteries sont très-soignés et fort bien disposés dans plusieurs comtés de l'Angleterre. On se bornera aux quelques indications suivantes.

On remarquait dans l'exposition suédoise un assortiment complet d'ustensiles de laiteries à beurre en fer-blanc, que l'on dit très-employés dans le pays. Les vases à faire crémer

le lait sont surtout intéressants; ils sont rectangulaires, très-peu profonds, et munis à chaque angle d'un petit ajutage pour faire écouler le lait liquide, tandis que la crème douce reste seule en couche mince, facile à enlever avec une spatule de forme appropriée.

La Norwége exposait un appareil de même espèce, mais fort remarquable par sa belle exécution. Un vase en fonte, rectangulaire et très-peu profond, reçoit le lait doux. Un grand couteau de bois, porté sur deux galets qui roulent sur les grands côtés parfaitement horizontaux du vase, sert à amener la crème, lorsqu'elle est montée, vers un des petits côtés terminé en pente douce, où l'ouvrier la recueille facilement. Pour faire couler le lait encore liquide, lorsque la crème est enlevée, il suffit d'agir sur un levier qui soulève le côté du vase opposé à celui dont on vient de parler.

Les deux écrémeurs dont il vient d'être question n'ont rien de nouveau en principe, mais ils sont commodément installés, et le second, surtout, pourrait rendre service dans certaines laiteries où l'on désire avoir de la crème très-douce, sans donner au reste du lait le temps de se cailler.

Dans l'exposition anglaise, un appareil destiné à faciliter l'opération du délaitage du beurre paraissait bien conçu. S'il opère aussi convenablement qu'on l'affirme, cet instrument pourrait rendre des services; on sait, en effet, combien l'enlèvement du lait de beurre est difficile, et combien cependant cette opération influe sur la qualité du produit, surtout quand on doit le conserver.

Enfin, comme instruments de fromagerie, on citera les presses à poids et à vis, si commodes pour obtenir une pression constante et longtemps soutenue, condition essentielle au succès de la préparation de certains fromages. Ces machines, connues depuis assez longtemps déjà, sont très-ingénieusement disposées, et l'on pourrait, en faisant le bâti en bois et en ne conservant en métal que les parties essentielles du mécanisme, les avoir à prix assez bas sur le continent.

CHAPITRE IV.

VÉHICULES ET HARNAIS.

Les appareils de transports agricoles ont, en Angleterre, une véritable supériorité sur les nôtres, et sont, d'ailleurs, parfaitement appropriés aux besoins de nos exploitations.

Tous les rapports faits sur les expositions universelles ont tour à tour insisté sur l'excellence des voitures agricoles anglaises. Je ne pourrais que répéter ce que mes prédécesseurs ont si bien expliqué; je me bornerai donc à insister de nouveau sur l'excellence de leurs conseils à cet égard.

L'établissement des *Trustees of Croskill*, Beverley, est au nombre des meilleures fabriques de véhicules en Angleterre; ses voitures montées et ses pièces détachées sont également bien exécutées.

Les voitures des mêmes constructeurs pour le transport de l'eau et des engrais liquides méritent aussi une citation toute particulière. Le distributeur de l'engrais liquide, fixé derrière la caisse qui le contient, est extrêmement simple et solide; il prend facilement la position nécessaire pour être horizontal, quelle que soit l'inclinaison du sol. Il peut, d'ailleurs, s'appliquer à toute espèce de tonneau à purin. Les cultivateurs qui hésiteraient à acheter l'appareil anglais complet, feraient bien de se procurer le distributeur pour l'appliquer à leurs tonneaux ordinaires.

—

SECTION V.

DRAINAGE, DESSÉCHEMENTS, IRRIGATIONS.

Ces trois grandes classes de travaux du génie rural n'étaient point, tant s'en faut, représentées à l'Exposition comme elles auraient pu l'être. Ces opérations sont maintenant exécutées d'une manière si générale, que les auteurs de beaucoup de travaux véritablement dignes d'éloges négligent de les porter à la connaissance du public agricole, qui perd ainsi de précieux exemples et d'utiles objets d'émulation.

La rareté relative des plans de drainage, d'irrigation et de desséchement dans les expositions est un fait véritablement regrettable, et que nous signalons dans l'espoir que les nombreux propriétaires qui s'occupent d'améliorations foncières feront mieux connaître, dans les prochains concours, leurs efforts et leurs succès.

Il sera donc impossible de donner sur les travaux de cette espèce autant de renseignements qu'on aurait pu le désirer. On se bornera aux observations suivantes.

CHAPITRE PREMIER.

DRAINAGE.

1er. — Exécution des travaux.

Le drainage est devenu, en Angleterre et en France, une opération tellement usuelle, qu'il serait oiseux d'insister sur son exécution ou sur ses avantages. Depuis dix ans, époque

à laquelle remonte seulement la première publication française sur ce précieux mode d'assainissement du sol, il a été dépensé dans notre pays plus de 30 millions de francs en travaux de cette nature. Il existe maintenant des fabriques de tuyaux dans la plupart de nos cantons, et il est presque partout facile de se procurer de bons ouvriers et des entrepreneurs capables.

Ainsi que l'avaient prévu les personnes qui ont fait une étude spéciale des procédés de drainage, l'ouverture des tranchées à l'aide d'instruments à bras est resté le procédé le plus convenable et le seul pratiqué jusqu'à présent. Les charrues de drainage, malgré ce qu'elles présentaient d'ingénieux comme mécanisme, ont disparu des concours et ne se sont point installées dans les champs. Le problème du drainage mécanique n'est pas résolu économiquement parlant, et les mécaniciens, depuis quelques années, semblent même avoir renoncé à poursuivre sa solution.

Les bons modèles d'instruments de drainage à main se sont aussi tellement vulgarisés que les meilleurs fabricants n'ont même pas jugé nécessaire d'en placer dans leurs expositions. C'est un oubli fâcheux, car une exécution hors ligne, pour les instruments les plus usuels, est un mérite véritable toujours utile à faire connaître.

Parmi les accessoires nécessaires à l'exécution des drainages, il convient de mentionner les tuyaux en fonte, à grille, avec ou sans clapets, pour bouches de sortie des drains, exposés par MM. Amies et Barford.

§ 2. — Machines à faire les tuyaux.

Les machines à faire les tuyaux n'étaient point fort nombreuses, et ne présentaient d'ailleurs aucune disposition nouvelle importante. M. Whitehead exposait ses bonnes machines à action intermittente à bras ou à vapeur. M. Clayton avait, dans la galerie des machines en mouvement, un appa-

reil pour une grande fabrication de briques ou de tuyaux. Cette machine, qui a déjà figuré dans plusieurs concours, se compose d'un broyeur, d'un malaxeur, et d'une caisse à piston placée sous ce dernier, et terminée par une filière pour briques pleines ou creuses, ou pour tuyaux. Le nombre des établissements où elle serait applicable en France, pour la fabrication des tuyaux, est peu considérable. Comme machine à briques, son examen appartient à un autre jury.

Parmi les machines des autres pays figurait une bonne copie de la machine de M. Schlosser, de Paris, que nous avons vue avec satisfaction appréciée à l'étranger comme elle l'est chez nous.

L'Exposition ne renfermait ni modèles, ni plans de fours nouveaux pour la cuisson des tuyaux. Les fours à coupole sont toujours les plus généralement employés en Angleterre pour les petites et les moyennes fabriques.

Les fours régénérateurs de M. Siémens sont, dit-on, employés dans quelques grandes usines, mais je n'ai point eu l'occasion de les étudier en détail. Leur principe est évidemment applicable avec avantage aux fours à chaux et aux fours à poterie.

Il est fâcheux qu'on n'ait point continué à chercher à construire des fours spéciaux et facilement transportables pour la cuisson des tuyaux, dont la fabrication aurait pu suivre ainsi, en quelque sorte, l'exécution des travaux.

§ 3. — Plans de drainage

Les plans de drainage, comme on l'a déjà dit, étaient malheureusement peu nombreux. La France seule comptait un certain nombre d'exposants dans cette spécialité, parmi lesquels on citera les suivants :

M. Vandercolme a présenté le plan de ses drainages de Rixpoëde (Nord). On sait que cet honorable propriétaire a démontré le premier, dans son département, que le drainage

à tuyaux remplace avec avantage les fossés à ciel ouvert, employés depuis longtemps dans ce pays pour l'assainissement des terres. Ces fossés occupent souvent, en pure perte, un trente-cinquième de la surface du sol, et sont une source d'embarras de toutes sortes pour les cultivateurs. L'exemple de M. Vandercolme a été rapidement suivi, et des travaux semblables aux siens s'étendent maintenant à la surface de plusieurs communes.

M. Aboilard, l'un de nos principaux entrepreneurs de drainage, a exposé les plans de quelques-uns des nombreux drainages qu'il a exécutés, et le dessin d'une grille de bouche de son invention très-bien disposée.

Enfin, M. Barbier a également exposé les plans de quelques-uns des travaux de drainage et autres travaux agricoles qu'il a fait exécuter pour divers propriétaires (1).

CHAPITRE II.

DESSÉCHEMENTS ET IRRIGATIONS.

§ 1er. – Desséchements.

On sait que l'Angleterre ne le cède qu'à la Hollande pour l'importance de ses desséchements et l'étendue de ses polders; malheureusement, il n'a été exposé ni plans, ni documents relatifs à des travaux de cette nature, bien que la classification anglaise en ait fait mention.

Les desséchements des terrains situés à un niveau inférieur à celui des eaux environnantes, se faisaient autrefois, en Angleterre comme en Hollande, à l'aide de moulins à vent. Ces anciens moteurs disparaissent chaque jour des pol-

(1) Le jury de la neuvième classe a décidé qu'il n'accorderait pas de récompenses aux travaux d'améliorations foncières figurant seulement par des plans à l'Exposition.

ders anglais, et sont remplacés par des machines à vapeur. On substitue, en même temps, aux anciennes vis hollandaises d'autres appareils élévatoires, tels que les grandes écopes et les roues à palettes. Depuis quelques années on a fait l'application à un certain nombre de desséchements importants d'une machine qui fut très-remarquée à l'Exposition de 1855, la pompe centrifuge d'Appold. Les desséchements de Whitlesea Meer et de quelques autres marais ont été exécutés avec des machines élévatoires de ce système, qui offrent, en effet, des avantages sérieux pour certains desséchements. Un de nos collègues du jury, dont le nom est bien connu des personnes qui s'occupent de mécanique agricole, M. Amos, avait exposé une magnifique pompe de cette espèce, conduite par une machine à vapeur de 40 chevaux, et destinée à élever l'eau à 1m,80 de hauteur.

Cette grande machine, dont l'étude mécanique appartient à une autre classe, devait être mentionnée ici au point de vue de ses applications agricoles. Nous devons citer au même point de vue, mais pour élever l'eau à de plus grandes hauteurs, la pompe de M. Letestu et la très-remarquable pompe à deux pistons de M. Farcot.

§ 2. — Irrigations.

Les irrigations occupent en Angleterre beaucoup plus d'étendue qu'on ne le croit généralement, et présentent ordinairement un remarquable degré de perfection.

Tout le monde connaît les belles irrigations créées par le duc de Portland, près de Mansfield, et si parfaitement décrites dans un remarquable mémoire publié par leur propriétaire actuel, l'honorable M. E. Denison, speaker de la Chambre des communes. Les environs d'Édimbourg, et plusieurs autres localités, offrent de très-beaux spécimens d'arrosages de création assez récente, mais il existe aussi de très-anciennes irrigations dans l'ouest et le sud-ouest de l'An-

gleterre. Toutes ces irrigations sont naturellement des arrosages à grands volumes d'eau, analogues a ceux du nord, du centre et de l'est de la France. On pouvait donc espérer trouver à l'Exposition d'utiles enseignements sur les travaux de cette espèce Malheureusement, les propriétaires anglais se sont abstenus, comme pour les drainages, de mettre leurs plans sous les yeux du public.

En revanche, l'exposition de l'Inde anglaise offrait quelques modèles des appareils employés par les natifs pour se procurer de l'eau, et m'a permis, grâce à l'obligeance extrême de M. Mérivale, l'un des hauts fonctionnaires de l'administration de l'Inde, de compléter les renseignements que je réunis depuis longtemps sur les irrigations de ce pays. Il ne sera pas inutile de dire ici quelques mots de ces grands travaux, qui peuvent servir d'exemples aux entreprises de même espèce que réclament le midi de la France, l'Algérie et nos autres colonies.

L'Inde, avant la conquête anglaise, avait possédé, à une époque reculée, de vastes surfaces arrosées, soit à l'aide de réservoirs, soit au moyen de dérivations. Mais ces travaux tombaient en ruine, pour la plupart, et l'on ne saurait assez admirer la persévérance et l'énergie avec lesquelles l'Angleterre travaille au développement des arrosages indiens et poursuit l'exécution de travaux immenses, qui seront le plus grand monument de la civilisation britannique dans ces contrées lointaines.

Parmi ces grandes entreprises, figure en première ligne le canal du Gange, terminé seulement il y a quelques années, sous la direction du colonel Cautley, qui a suivi pendant presque toute leur durée ces grands et difficiles travaux.

Le canal proprement dit commence à Mirzapour, où se trouvent les travaux régulateurs de la prise d'eau; il se dirige, à travers un pays très-accidenté, vers Roorkie, et traverse, près de cette ville, la rivière Saloni, sur un pont-aqueduc de quinze arches de 15m,24 d'ouverture chacune. Il se maintient ensuite sur le faîte qui sépare le Gange de la rivière Jumna,

jusqu'au droit de Koël, où il se sépare en deux branches, dont l'une va rejoindre le Gange à Cawnpore et l'autre le Jumna, près d'Étavah. Trois autres branches principales se soudent au canal dans sa partie supérieure : l'une se dirige vers Futthghur, la seconde vers Bolundshak, et la troisième vers Koël. Ces deux dernières se réunissent pour arroser le district de Hatraas.

La longueur du canal principal et des branches que l'on vient d'indiquer est de 1,430 kilomètres environ. Les ouvrages d'art comprennent de nombreuses digues, neuf cent deux ponts, deux cent quatre-vingt-dix-sept ponceaux d'assainissement, seize chutes, vingt et une écluses et pertuis navigables, et beaucoup d'autres ouvrages accessoires. Le débit à Roorkie est de 191^{mc},4 par seconde. La surface arrosée sera de 1,818,000 hectares.

La dépense totale a été de 37 à 38 millions de francs. Les revenus directs du canal et de ses dépendances s'élèvent à 6 ou 7 0/0 de cette somme, et les revenus indirects, résultant de la plus-value de l'impôt foncier, à 20 ou 25 0/0 de ce même capital.

Nous ne parlerons pas des nombreux travaux d'irrigation projetés ou en cours d'exécution dans l'Inde, ni des canaux dérivés du Jumna et de plusieurs autres rivières, dont les résultats sont si admirables. Nous dirons seulement, parce que cette méthode trouverait en Algérie de nombreuses applications, que les arrosages à l'aide de réservoirs sont très-multipliés dans certaines parties de l'Inde. La seule province de Madras en compte, dit-on, au moins quarante mille, qui rapportent à l'État plus de 35 millions de francs.

L'exposition française renfermait, relativement aux irrigations, plusieurs objets d'études intéressantes.

Un atlas très-complet du canal de Carpentras, accompagné de documents, faisait partie de l'exposition collective réunie par les soins du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Le canal d'irrigation de Carpentras prend ses eaux à la Durance. Sa portée, en basses eaux, est de 10 mètres cubes ; mais elle peut aller jusqu'à 16 mètres cubes par seconde. La surface totale qu'il peut arroser est de 26,939 hectares. Plus du tiers de cette étendue est déjà irriguée. Le développement de la ligne principale est de 38,357^{m},48 ; celui de ses cinq principales dérivations est de 32,719^{m},20, et, enfin, la longueur des rigoles de distribution, dites filioles, est de 362,588^{m},60, de sorte que la longueur totale du réseau est de 478 kilom., 665^{m},28.

Ces travaux ont été exécutés au compte d'un syndicat de propriétaires intéressés, exemple bien digne d'être cité de la puissance de l'initiative individuelle et de l'association. Ils ont été dirigés, depuis leur origine jusqu'à leur achèvement, avec un zèle et une persévérance dignes des plus grands éloges, par M. Conte, alors ingénieur ordinaire des ponts et chaussées, sous la direction successive de MM. Perrier et Gendarme de Bevotte, ingénieurs en chef du département de Vaucluse.

M. le comte du Couëdic a exposé un dessin et un plan en relief de son domaine du Lézardeau (Finistère), où, à l'aide d'importants travaux d'irrigation, il a transformé en bonnes prairies des landes incultes. Le gouvernement français, appréciant les efforts de M. le comte du Couëdic, vient d'instituer au Lézardeau une école de drainage et d'irrigation appelée, il faut l'espérer, à rendre des services à la pratique de ces travaux (1).

Dans les entreprises relatives aux irrigations ou à l'établissement des usines hydrauliques, on a souvent besoin de maintenir constant le niveau d'un bief, quel que soit son débit, ou, réciproquement, d'obtenir un débit constant, quelles que soient les variations du niveau du réservoir.

M. Chaubart a résolu ce problème délicat d'une manière

(1) Voir la note, page 193.

extrêmement simple et pratique, au moyen d'une vanne qui s'incline d'elle-même plus ou moins, suivant les besoins, en roulant librement sur une courbe convenablement tracée. Cette vanne autorégulatrice peut rendre de nombreux services : il est utile d'appeler sur elle l'attention des cultivateurs et des industriels, si souvent en discussion pour l'usage de l'eau.

M. Kramer avait exposé un plan en relief indiquant la disposition d'une prairie du royaume d'Italie. Ces arrosages, bien connus d'ailleurs, attirent toujours l'attention, quand on pense combien on pourrait, en France, multiplier le nombre des irrigations de cette espèce.

SECTION VI.

OUTILS, MACHINES ET APPAREILS DE JARDINAGE ET OBJETS DIVERS.

CHAPITRE PREMIER.

S RRES, MACHINES A TONDRE LES GAZONS, ETC.

§ 1er. — Serres.

Les serres se placent au premier rang par leur importance, parmi les moyens dont dispose l'horticulteur pour acclimater ou entretenir les plantes délicates et orner les jardins.

L'exposition anglaise contenait un assez grand nombre de serres, dont aucune, on est forcé de l'avouer, ne semblait remarquable par son élégance ou son exécution. Il est véritablement étonnant que l'Angleterre, qui possède l'admirable serre de Kew, et tant d'autres qu'il est inutile de citer, n'ait pas présenté de spécimens plus remarquables que ceux qui étaient exposés. Nos regrets de l'absence des constructeurs français de cette spécialité ont été d'autant plus vifs, qu'il n'est pas douteux, par exemple, que la serre dont MM. d'Oreilly et Dormois exposaient un dessin, n'ait été jugée infiniment supérieure à toutes celles de la collection anglaise.

Si les serres exposées nous ont paru sans intérêt, il n'en est pas de même des appareils de chauffage à eau chaude, qui sont généralement très-simples, bien entendus, et d'un prix modéré. M. J. Weeks avait une fort belle exposition dans cette spécialité.

Soit dans l'exposition anglaise, soit dans les expositions étrangères, je n'ai rien remarqué, comme objet d'ornement, ou comme objet d'utilité, qui ne soit parfaitement connu en France et exécuté d'une manière au moins aussi remarquable que partout ailleurs. L'exportation des articles de jardinage serait sans doute assez facile pour nos fabricants, et il est regrettable que l'Exposition ne contienne aucun des articles de cette industrie.

§ 2. — Machines à tondre les gazons.

Comme instrument important dans les jardins d'agrément anglais, on doit citer seulement les machines à tondre les gazons. Ces appareils, formés essentiellement d'un cylindre compresseur en fonte, précédé d'une série de lames hélicoïdales placées à la surface d'un plus petit cylindre, coupent l'herbe très-court et très-régulièrement. Ils sont fréquemment employés sur les pelouses des parcs et des plus petits jardins. C'est en partie à l'usage répété de cette machine que les gazons anglais doivent cet aspect particulier qui frappe les étrangers. Mais le succès même de cette opération tient en grande partie à la régularité de la température et à l'humidité habituelle de l'air. Dans beaucoup de parties de la France, les gazons ne supporteraient pas, à moins de précautions extrêmes, d'être coupés aussi ras et aussi souvent. Ces machines sont, du reste, extrêmement ingénieuses, et leur exécution est on ne peut plus soignée. Les machines exposées par MM. Schanks et fils paraissent les plus dignes d'attention. Leurs prix s'élèvent de 121 fr. 25 à 700 francs, selon leurs dimensions, qui varient depuis la force d'un enfant à celle d'un et même de deux chevaux.

CHAPITRE II.

OBJETS DIVERS.

§ 1er. — Bâtiments, meules, clôtures.

La classification anglaise range dans cette dernière division un certain nombre d'articles que nous avons eu déjà l'occasion d'énumérer, en les classant dans les chapitres auxquels ils semblaient appartenir naturellement. Il ne reste donc à faire ici que quelques observations qui n'ont pu trouver place ailleurs.

Nulle part les bâtiments de fermes n'ont fait l'objet de plus d'études et ne sont en général mieux entendus qu'en Angleterre. Malheureusement, les plans et modèles de constructions rurales faisant presque entièrement défaut dans les galeries de l'Exposition, ne peuvent donner lieu ici à aucune appréciation de quelque intérêt.

L'emploi des meules, soit isolées dans les champs, soit réunies dans des cours spéciales, est très-répandu en Angleterre. Leur construction est soignée et mériterait même, surtout en ce qui concerne les fourrages, une étude particulière. Pour ne pas sortir ici des attributions de la classe IX, on se bornera à mentionner l'habitude, très-bonne à imiter, d'établir les meules sur une charpente en bois ou en fer, reposant sur de petits piliers en fonte. Une espèce de calotte, également en fonte, est placée au sommet de ces supports, et s'oppose, de la manière la plus simple, à l'arrivée des animaux destructeurs qui cherchent à s'introduire dans la meule en grimpant le long des supports ordinaires. La récolte se trouve ainsi mise à l'abri de l'humidité du sol et de l'envahissement de la vermine, moyennant une faible dépense.

Les procédés de couverture des meules si divers selon

les pays, ne figuraient à l'Exposition que par un modèle de toit hollandais. Cet appareil, connu depuis longtemps, est ingénieux, mais d'un prix assez élevé pour rendre très-rare son usage dans notre pays.

La construction des clôtures en fils métalliques et de tous leurs accessoires, grilles, barrières, etc., occupe en Angleterre plusieurs usines importantes. Ces clôtures en fils de fer tendus entre des poteaux, sont employées dans quelques parties de la France, et sont, dans les habitations rurales, d'une application continuelle; il n'est donc pas inutile de signaler le soin apporté à quelques détails d'établissement, et la variété des dispositions proposées par les constructeurs anglais pour ce genre de travaux.

§ 2. — Chemins de fer portatifs, élévation des fardeaux.

Les transports entrent pour une si grande part dans les travaux des champs que l'on cherche à en réduire les frais le plus possible. A cet effet, on emploie dans quelques fermes anglaises, pour le transport des engrais et surtout des amendements très-pesants, comme la marne, par exemple, de petits chemins de fer faciles à placer et à déplacer, et qui permettent de réduire le tirage dans une forte proportion. Ces chemins portatifs sont formés de longrines garnies de bandes en fer réunies par des traverses, et formant ainsi des cadres d'un poids proportionné à la force de deux hommes, qui suffisent à leur déplacement et à leur installation. Les cadres se réunissent les uns aux autres d'une manière simple, et l'on parvient ainsi à établir rapidement une voie suffisante pour le passage de petits wagons attelés d'un cheval. Plusieurs fabricants anglais établissent très-bien ce matériel, très-facile d'ailleurs à créer partout où le besoin s'en fait sentir.

Pour soulever des fardeaux et exécuter les manœuvres de force qui se présentent si souvent à la campagne, on peut

recommander la poulie différentielle de Weston, espèce de moufle très-simple et d'une excellente disposition. Ce petit instrument, dont le prix est peu élevé, peut être souvent utilisé. Il était exposé par MM. Amies et Barford, de Peterboroug, et par MM. S. et E. Ransomes.

§ 3 — Appareils de féculerie, scieries.

La fabrication de la fécule de pommes de terre est souvent une industrie annexe des fermes, et, à ce point de vue, il est utile de signaler un appareil simple et bien disposé, exposé par M. Huck, de Paris.

Parmi les appareils existants dans presque toutes les fermes anglaises et qu'il serait désirable de voir se répandre davantage en France, on doit citer les scies circulaires. Ces instruments très-simples rendent de nombreux services, et utilisent facilement la force des manéges ou des locomobiles. Les scies circulaires que fabriquent les constructeurs anglais d'instruments agricoles sont en fonte; elles sont ordinairement garnies de guides pour couper le bois sous différents angles, et d'un jeu de tarières pour percer et réparer les mortaises. Leurs dispositions générales et leur exécution ne laissent rien à désirer. Parmi les fabricants qui apportent un soin particulier à ces machines, je citerai MM. Barrett, Exall et Andreews.

§ 4. — Moulins à os, mélangeurs d'engrais.

Dans les grandes fermes anglaises, un certain nombre de propriétaires établissent des moulins pour broyer les os qu'ils font ramasser dans leur voisinage ou qu'ils achètent au marché. L'écart entre le prix des os broyés et celui des os entiers, et la certitude d'éviter les falsifications sur un engrais précieux et d'un prix élevé, suffisent pour payer rapidement la valeur de la machine. Il serait à désirer que cet exemple fût suivi en France, et que nos fabricants fissent établir, pour

l'agriculture, des moulins à os comme ceux que l'on trouve en Angleterre. L'établissement des *Trustees of Croskill* en construit de très-bien disposés et de forces diverses.

Comme machines propres à pulvériser et à mélanger les substances destinées à former des engrais composés pulvérulents, on mentionnera encore l'appareil de M. Carr, d'un prix malheureusement élevé, mais qui peut rendre des services aux personnes qui fabriqueraient sur une grande échelle.

§ 5. — Ramassage des cailloux.

Le ramassage des cailloux sur les champs est une opération qui s'exécute ordinairement à la main. Quelques essais ont été tentés pour charger une machine de ce soin, et tout porte à croire que le problème sera facilement résolu. Je me borne à mentionner cette idée, n'ayant pas eu l'occasion de voir fonctionner les machines exposées.

§ 6. — Apiculture.

Les appareils d'apiculture étaient fort nombreux à l'Exposition, mais ils ne présentaient aucune disposition intéressante qui ne soit connue dans notre pays.

RÉSUMÉ ET CONCLUSION.

De l'examen qui précède, si sommaire qu'il soit, ressort d'une manière frappante, comme premier résultat, le développement extraordinaire de la mécanique agricole dans ces dernières années. L'outillage du cultivateur, réduit jadis à un araire grossier, est aujourd'hui aussi nombreux et aussi compliqué que celui des industries les plus perfectionnées. Au grand profit de l'économie et de la perfection du travail, les labeurs si nombreux des champs et de la ferme, dont le

fardeau pesait si lourdement sur l'homme, sont aujourd'hui confiés à des machines.

Pour ne citer que les plus remarquables perfectionnements récemment accomplis par la mécanique agricole, ne voyons-nous pas, presque partout, de bonnes et puissantes charrues se substituer à l'ancien araire ; le travail du sol complété par des scarificateurs et des rouleaux énergiques ; le fléau remplacé par la machine à battre ; la faux, la faucille, vaincues par des faucheuses et des moissonneuses mécaniques ; la conservation parfaite et indéfinie des grains devenue possible ; et, enfin, le labourage exécuté dans les grandes plaines à l'aide de la vapeur ?

Les machines, on ne saurait plus le nier, ont pris possession de l'atelier rural comme de l'atelier industriel. Une ruine certaine attend le cultivateur qui s'obstinerait à conserver un matériel suranné, en présence de concurrents puissamment outillés ; il succomberait inévitablement dans la lutte que la concurrence engage sur les marchés entre les producteurs de tous les pays. Une agriculture florissante est désormais impossible sans un capital suffisant, des machines perfectionnées et des engrais puissants. Les succès agricoles de nos voisins n'ont pas d'autre secret.

En ce qui concerne le matériel agricole et les travaux de génie rural, objets spéciaux de ce rapport, peut-on accélérer davantage encore le progrès si rapide qui se manifeste en France depuis quelques années ?

Tout accroisssement de matériel exige un accroissement de capital. C'est assez dire que, parmi les moyens propres à favoriser le développement de notre outillage rural, comme l'amélioration générale de nos cultures, se placent en première ligne les mesures propres à développer le crédit agricole, à diminuer le taux de l'argent dans les campagnes, et surtout à réduire les charges si lourdes qui grèvent le cultivateur. Il ne m'appartient pas de développer ici l'utilité de ces me-

sures, dont l'importance est si généralement comprise aujourd'hui.

Pour un certain nombre de machines, nous avons été heureux de le constater, la France n'a rien à envier à ses voisins. Mais, il faut bien savoir le reconnaître, pour beaucoup d'autres la fabrication anglaise est supérieure à la nôtre. Grâce à nos grands constructeurs d'instruments d'agriculture, dont on ne saurait assez encourager les efforts et apprécier la persévérance, le courage et le talent, les produits français s'améliorent rapidement; mais il reste encore de nombreux perfectionnements à réaliser et beaucoup de bons modèles à prendre en Angleterre.

L'introduction de ces modèles, plus facile assurément qu'elle ne l'était autrefois, est encore entourée de formalités on ne peut plus gênantes pour les propriétaires étrangers aux règlements douaniers. En simplifiant autant que possible ces derniers obstacles, le gouvernement aiderait certainement beaucoup à la vulgarisation des bonnes machines agricoles. L'introduction, dans la pratique, d'un instrument nouveau, exige toujours des essais dispendieux. On ne saurait assez favoriser les personnes qui ont le courage de les entreprendre, en allégeant pour elles les dépenses et les ennuis de l'importation. Nos fabricants sont d'ailleurs assez éclairés pour savoir que chaque importation utile leur vaudra mille commandes.

Les usines importantes peuvent seules arriver à une grande économie et à une fabrication parfaite des pièces métalliques des machines agricoles. L'administration ne saurait assez favoriser, par tous les moyens d'encouragement dont elle dispose, les constructeurs habiles et honorables qui s'occupent de cette spécialité si importante pour le progrès de notre agriculture. Les expositions des concours régionaux exercent la plus heureuse influence sur l'industrie des machines agricoles; c'est là que le cultivateur apprend à les connaître et que se traitent la plupart des marchés. Il importe de dévelop-

per cette utile institution, en apportant chaque année, en ce qui concerne les machines, quelques modifications que l'expérience indiquerait comme utiles. Les concours spéciaux de faucheuses et de moissonneuses, qui ont eu lieu en France il y a quelque temps, ont été de la plus grande utilité pour le perfectionnement et la vulgarisation de ces machines. Le temps serait venu d'instituer un concours spécial de labourage à vapeur.

Le drainage fait en France des progrès rapides; son succès est désormais assuré et ne réclame pas de mesures nouvelles de quelque importance. Les irrigations, au contraire, ne peuvent se développer aussi rapidement qu'il est nécessaire sans une vive impulsion donnée aux opérations de cette espèce. Ces entreprises nécessitent presque toutes, en effet, l'accord d'intérêts nombreux, des dispositions législatives particulières, et des avances considérables.

Les travaux anglais, dans l'Inde; ceux de la Belgique, dans la Campine; le succès récent du canal de Carpentras, dans le département de Vaucluse, et de quelques autres travaux moins importants, en Algérie et dans certains départements, sont autant d'exemples qu'il faut se hâter d'imiter. La France utilise à peine 3 0/0 de ses eaux naturelles, elle arrose à peine la même proportion de ses terres irrigables. Nulle amélioration foncière n'a pour notre pays autant d'intérêt que l'irrigation; nulle opération ne réclame aussi impérieusement l'initiative, le concours et les encouragements de l'administration publique.

La plus grande difficulté, du reste, n'est pas de multiplier rapidement, de perfectionner sans cesse les machines agricoles, de les fabriquer aux meilleures conditions, il faut avant tout en faciliter l'emploi, en répandre le goût dans les campagnes. C'est une œuvre de longue haleine qui demande des mesures générales d'un ordre tout différent des précédentes.

Nulle part au monde, le paysan n'est plus intelligent, plus naturellement adroit, plus courageux que dans notre pays; mais trop souvent, malheureusement, l'ignorance paralyse ses précieuses qualités : il est soupçonneux et redoute toute nouveauté à l'égal d'un ennemi. Pour l'agriculteur éclairé, les obstacles naturels sont bien moins redoutables que la résistance qu'il rencontre dans l'apathie et l'ignorance de ses aides ruraux privés de tout développement intellectuel.

Si l'on veut que l'industrie rurale se développe, que les progrès y soient faciles, et que notre génie national, si ardent et si ingénieux, devance dans la voie des perfectionnements agricoles les nations voisines, il faut, avant tout, s'occuper de l'instruction des enfants de la campagne, du développement intellectuel de l'ouvrier des champs; son ignorance est la plaie de notre agriculture, son instruction élémentaire en sera la force et le succès.

Si nous proclamons la nécessité de développer l'enseignement primaire chez l'ouvrier rural, ne négligeons pas de dire que l'instruction des propriétaires agriculteurs, des chefs de cette belle et grande industrie de la terre, doit s'élever aussi.

Tandis que toutes les sciences appliquées possèdent en France un haut enseignement organisé, l'agriculture seule n'a pas son école supérieure. L'art de l'ingénieur agricole n'est enseigné nulle part d'une manière complète et systématique. Combien de jeunes gens, cependant, qui se consument en efforts inutiles dans des carrières encombrées, consacreraient leurs talents à l'amélioration du sol s'ils savaient qu'ils peuvent y trouver l'application des sciences les plus élevées et le développement de leurs plus belles facultés.

CLASSE X.

CONSTRUCTIONS CIVILES.

SOMMAIRE :

CLASSE X.

CONSTRUCTIONS CIVILES.

SECTION I.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION,

PAR M. DELESSE.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Les matériaux de construction dont il est question dans ce rapport, sont spécialement formés de substances minérales, et ils ont été étudiés surtout au point de vue de leurs applications. Celui qui écrit ces lignes avait déjà publié un rapport sur le même sujet, lors de l'Exposition universelle de 1855; il ne reviendra donc pas sur les détails qu'il renferme, et s'attachera seulement à mettre en relief les progrès qui ont été réalisés depuis cette époque. Le sujet se divise en trois parties principales : I, *les matériaux naturels;* II, *les matériaux artificiels;* III, *la conservation*

des matériaux. Un appendice traite des sondages appliqués aux constructions. Quant aux sous-divisions, elles sont indiquées dans l'énumération suivante :

I. *Matériaux naturels.*
- Pierres dures.
- Marbres.
- Ardoise émaillée.
- Lave émaillée.

II. *Matériaux artificiels.*
- Ciment Portland.
- Béton aggloméré.
- Ciments divers.
- Pouzzolanes.
- Pierre artificielle de Ransome.
- Composés bitumineux (brai avec ardoise ou coke).

III. *Conservation des matériaux.*
- Conservation des pierres.
- Conservation des bois.
- Peintures.

CHAPITRE PREMIER.

MATÉRIAUX NATURELS.

Les matériaux naturels sont représentés à l'Exposition par des pierres dures très-variées, telles que les roches siliceuses et feldspathiques. Il y a aussi des serpentines et un très-grand nombre de marbres. Enfin, quelques substances minérales, sans perdre leur caractère primitif, ont été plus ou moins modifiées par l'industrie; telles sont la lave et l'ardoise émaillées.

Ces différents matériaux sont fréquemment employés dans les constructions comme pierres à bâtir; de plus ils servent à l'ameublement, à l'exécution des mosaïques, et en général à la décoration. Nous mentionnerons seulement ceux qui offrent un intérêt spécial par leur nouveauté, par leur travail, ou par des qualités exceptionnelles.

§ 1er. — Pierres dures.

ANGLETERRE.

En ce qui concerne les pierres dures, signalons, en Angleterre, plusieurs usines dans lesquelles elles sont travaillées d'une manière remarquable. Il convient d'indiquer d'abord celle de M. Macdonald, à Aberdeen, qui a envoyé des colonnes et divers objets en beau granite rouge de Peterhead. Un baptistère et des tombeaux sculptés, en granite gris, attirent aussi l'attention. M. Freemann a exécuté à Londres, dans son usine de Westminster, des colonnes en granite gris qui ont près de 3 mètres de hauteur. Nous mentionnerons encore la Compagnie des granites de Cheswring, dans le Cornouailles, et d'autres usines qui travaillent les granites de Tavistock et d'Aberdeen. La colonie anglaise de Victoria, en Australie, avait également exposé une vasque en granite. Mais parmi les possessions anglaises, l'Inde mérite surtout d'être signalée pour le travail de ses pierres dures, avec lesquelles elle façonne divers objets d'ornement, et en particulier de belles mosaïques. On peut observer qu'en Angleterre les pierres dures sont assez fréquemment employées dans les constructions; sous forme de colonnes, ou de dalles polies, elles servent, en effet, à la décoration des monuments et même des maisons particulières ; bien que leur prix soit élevé, il n'est pas rare d'en rencontrer à Londres, tandis qu'il n'en est pas de même à Paris.

FRANCE.

Les pierres dures ont été employées en France dans plusieurs de nos monuments; mais il faut reconnaître que dans notre pays cette industrie est restreinte et encore peu développée. Dans les Vosges et dans l'Esterel, il existe ce-

pendant des syénites, des mélaphyres et des porphyres d'une grande beauté, de sorte que ce ne sont pas les matières premières qui nous font défaut. Le seul exposant français qui ait envoyé des pierres dures travaillées à l'Exposition, est M. Hermann, qui emploie le diamant noir pour les polir. Divers objets d'ameublement sortant de ses ateliers sont exécutés avec une grande perfection, et nous avons pu admirer, à Paris, une fontaine monumentale en granite qui surpasse les plus beaux travaux exécutés en ce genre. Les grandes dimensions de cette fontaine n'ont pas permis de l'envoyer à Londres, et elle se trouve exposée devant le Palais de l'Industrie, aux Champs-Élysées.

ITALIE.

En Italie, la fabrique grand-ducale de mosaïques, camées ou en relief, qui a été établie à Florence, est devenue, vers le milieu du XVIe siècle, manufacture royale, et ses produits se maintiennent toujours au niveau de sa grande réputation.

SUÈDE.

En Suède, l'ancienne fabrique royale d'Elfdalen, qui a cessé d'appartenir à l'État, est maintenant la propriété d'un particulier, M. Arborelius. Ses produits ne diffèrent pas de ceux des expositions antérieures; nous signalerons ses belles colonnes en porphyres, des vasques, des mortiers, des coffrets, divers ornements, et une collection de roches polies des environs d'Elfdalen.

RUSSIE.

Toutefois, c'est de Russie que proviennent les pierres dures travaillées qui sont les plus remarquables. Il existe actuellement dans l'empire russe trois fabriques appartenant à

l'État, dans lesquelles les pierres dures sont taillées et polies; ce sont celles d'Ekaterinenbourg, de Kolywansk et de Péterhof, près de Saint-Pétersbourg. Parmi les pièces les plus belles qui figurent à l'Exposition, nous indiquerons une vasque et une colonne corinthienne en porphyre de Kolywansk, un candélabre en jaspe, un vase en néphrite verte, une table et des meubles ornés de lapis-lazuli, des coupes et un encrier en rhodonite ou bisilicate rose de manganèse. Les mosaïques florentines ou en relief de Péterhof attirent surtout l'attention; elles offrent une collection des richesses minéralogiques de différentes parties de l'empire; elles représentent des fleurs, des fruits, des oiseaux, qui se distinguent par une grande vérité de couleur, et qui sont exécutés avec une rare perfection. La fabrique de Péterhof a été créée par l'empereur Nicolas au retour d'un voyage à Florence, et à l'aide d'une petite colonie d'ouvriers italiens, qui sont actuellement remplacés par des ouvriers russes. Bien qu'elle ait seulement quelques années d'existence, ses produits sont véritablement exceptionnels, et, dès à présent, ils rivalisent avec les plus belles mosaïques florentines. Comme objets d'art, et dans une autre branche d'industrie, ils viennent se placer sur le même rang que les chefs-d'œuvre de notre manufacture impériale de Sèvres.

§ 2. — Marbres.

Les marbres étaient très-nombreux à l'Exposition de Londres, et parmi les collections qui attiraient plus spécialement les regards, on peut citer celles de l'Italie, de la Belgique, de la France, du Portugal, de l'Angleterre et de quelques-unes de ses colonies, telles que la Nouvelle-Galles du Sud. En ce qui concerne la France, les prix d'exploitation des marbres peuvent être considérés comme étant à peu près ceux que nous avons indiqués dans le rapport sur l'Exposition de 1855; toutefois, pour le prix de revient des marbres

rendus à Paris, il convient d'admettre une diminution de 10 et même de 15 0/0, par suite de l'économie sur les frais de transport qui résulte de l'amélioration générale des voies de communication. La quantité des marbres importée en France a été, d'après l'administration des douanes, de 95,083 quintaux métriques en 1854, et de 98,158 quint. mét. en 1861; pendant les mêmes années, la quantité exportée a varié de 9,164 quint. mét. à 12,970 quint. mét. : par conséquent, tandis que l'importation est restée constante, l'exportation a notablement augmenté ; cette dernière consiste, d'ailleurs, moitié en marbre brut et moitié en sculptures et en produits ouvrés. Sans entrer dans des détails circonstanciés relativement aux divers marbres, nous nous contenterons de signaler quelques grandes usines de France dans lesquelles ils sont travaillés, et nous placerons en première ligne celles de M. Géruzet qui se trouvent à Bordeaux, à Bayonne et à Bagnères-de-Bigorre.

Marbres des Pyrénées. — On sait qu'il existe abondamment dans les Pyrénées des marbres qui sont très-riches, et tout à fait spéciaux à ces montagnes. Après avoir été très-active sous le règne de Louis XIV, l'exploitation en fut abandonnée peu à peu, et c'est seulement depuis une quarantaine d'années qu'elle a été reprise. Plus que tout autre M. Géruzet a contribué à la renaissance de cette industrie nationale, et, justes appréciateurs des services qu'il avait rendus, les jurys des expositions antérieures lui ont décerné les plus hautes récompenses. A l'Exposition de 1862, M. Géruzet se trouve remplacé par son fils, qui a donné plus d'importance aux travaux de la maison, et qui les a encore perfectionnés.

Les principales variétés de marbres actuellement exploitées sont au nombre de trente-six ; elles proviennent de carrières qui sont distribuées autour de Bagnères-de-Bigorre, dans le département de la Haute-Garonne, ainsi que dans ceux

des Hautes et Basses-Pyrénées. Plusieurs de ces marbres offrent une richesse de tons que l'on ne rencontre pas ailleurs; et il suffira de citer le sarrancolin, la griotte, le vert de Moulins, la brèche antique d'Aspet. Les plus fréquemment exploités sont ceux de Bise-Nistos, de Sost, de Sarrancolin, de Viele-Loureu, d'Aspin, d'Ossen, ainsi que les marbres blancs de Gère. Récemment on a découvert à Génos un pétrosilex qui produit un très-bel effet; il est à fond brun jaspé, et présente de larges veines jaunâtres. L'extraction totale de ces divers marbres s'élève à 900 mètres cubes par année.

L'usine de Bagnères-de-Bigorre est très-heureusement située sur l'Adour, où elle dispose d'une force hydraulique de plus de 100 chevaux. Elle est pourvue des machines les plus ingénieuses et les plus perfectionnées qui soient employées pour le travail des marbres. Le nombre total des ouvriers s'élève à quatre-vingt-cinq pour l'exploitation des diverses carrières, et à cent quatre-vingts pour la marbrerie ainsi que la sculpture. La division du travail a été poussée aussi loin que possible dans toutes les usines de M. Géruzet; elle permet de réaliser une grande économie, et surtout de livrer les produits très-rapidement. Des certificats de M. le maire de Bagnères-de-Bigorre constataient même que quinze jours avaient suffi pour façonner avec du marbre brut, et tel qu'il sortait de la carrière, les vases et tous les objets qui avaient été envoyés à l'Exposition de Londres. Une grande partie des produits fabriqués est destinée à l'exportation; un dixième se rend en Hollande, en Angleterre, en Espagne; la moitié s'expédie en Californie, au Pérou, au Mexique, dans l'Amérique du Nord, à Java, dans l'Inde; les marbres des Pyrénées travaillés dans les usines de M. Géruzet se répandent donc dans toutes les parties du monde.

Albâtre algérien. — L'albâtre algérien, que le commerce désigne à tort sous le nom d'onyx, est un marbre très-remar-

quable qui s'exploite à Aïn-Tembaleck, dans la province d'Oran. Ses teintes, qui sont très-belles, varient du blanc le plus pur au vert clair et au brun jaunâtre. Il se distingue des autres albâtres par des veines rectilignes et parallèles ; il leur est surtout bien supérieur par son éclat, son beau poli et sa grande translucidité. Les carrières autrefois exploitées par les Romains ont été retrouvées par M. Delmonte; et M. Ville, ingénieur en chef des mines à Alger, a constaté que l'albâtre algérien forme des couches d'une épaisseur variable, atteignant jusqu'à 3 mètres, et alternant avec un travertin ordinaire. Depuis plusieurs années son exploitation avait été reprise; mais pour qu'elle pût acquérir un développement sérieux il lui fallait une usine spéciale; cette usine a été établie à Paris par M. A. Pallu, et il nous paraît utile d'en dire quelques mots.

Elle reçoit le mouvement d'une machine à vapeur de 15 chevaux qui fait marcher deux cents lames à scier le marbre, un tour elliptique, seize tours pour travailler et pour polir le marbre, et quatre machines pour le découper circulairement en toutes dimensions. Aux carrières mêmes, on emploie un nombre variable d'ouvriers, et il y en a cent vingt à l'usine de Paris. L'exploitation annuelle est seulement de 70 mètres cubes, dont la moitié est livrée au commerce au prix de 4,000 francs le mètre cube. Ce prix est évidemment trop élevé pour un marbre dont l'exploitation a lieu dans une carrière à ciel ouvert qui est facilement accessible; mais il faut remarquer qu'il est assez rare d'en trouver des blocs bien transparents et complétement exempts de fissures. De plus, l'albâtre algérien est trop élégant pour être simplement employé comme marbre, en sorte qu'on le réserve pour les objets d'art et de décoration. Il se marie surtout très-bien avec le bronze : aussi une fonderie de bronze a-t-elle été établie dans l'usine où on le travaille. La Compagnie qui exploite l'albâtre algérien le tourne en colonnes, en vasques, en balustrades, le découpe en lambris et en riches panneaux;

elle en fait surtout des médaillons, des pendules, des coupes, des flambeaux, des coffrets, en un mot des meubles riches et élégants de toute espèce. Les produits artistiques fabriqués avec ce marbre remarquable peuvent être signalés parmi ceux qui attiraient vivement l'attention, et qui contribuaient à rehausser l'Exposition française.

Calcaire de Saint-Ylie. — Le choix des matériaux de construction réclame toute l'attention des ingénieurs et des architectes; car il serait facile de citer des monuments qui ont commencé à se détruire lorsqu'ils venaient à peine d'être terminés. Il importe donc de signaler à l'attention les matériaux dont les qualités supérieures ont été consacrées par une expérience séculaire, et que des conditions spéciales de gisement permettent d'exploiter facilement et en même temps d'expédier au loin. C'est à ce titre qu'il convient de dire quelques mots du calcaire-marbre de Saint-Ylie, dans le département du Jura. Il était connu depuis longtemps, car on le retrouve dans des églises ainsi que dans plusieurs monuments de la Franche-Comté; mais, dans ces dernières années, M. de Tinseau en a ouvert des carrières nouvelles à Damparis, et leur exploitation a pris bien vite un grand développement.

Le calcaire de Saint-Ylie est jurassique, et présente fréquemment des restes de nérinées et de crinoïdes. Il est extrêmement compacte et prend très-bien le poli; toutefois, sa couleur est peu éclatante, jaunâtre, offrant par places une teinte rosâtre ou rougeâtre. Bien qu'on ait découvert récemment à Sampans un banc de couleur rouge qui produit un assez bel effet, c'est beaucoup moins comme marbre que comme pierre de construction que le calcaire de Saint-Ylie doit être signalé. Indépendamment de ce que ce calcaire est exempt de cavités, il est très-pur, non argileux, et par conséquent il n'absorbe pas l'humidité. Toutes ses parties sont cimentées de la manière la plus intime. D'après des

expériences de M. l'ingénieur Michelot, sa résistance à l'écrasement s'élève par centimètre carré à 565 kilogrammes pour le banc blanc de la carrière de l'Abbaye, qui porte 1m,10 d'épaisseur moyenne, et à 670 kilogrammes pour le banc rouge, dont l'épaisseur réduite est de 35 centimètres; ces résistances sont exceptionnelles pour le calcaire, et elles s'approchent de celles des pierres dures. Ajoutons maintenant que le calcaire de Saint-Ylie s'exploite à ciel ouvert, et sans qu'on soit aucunement gêné par l'eau; bien qu'il soit dur, il est entièrement exempt de fissures, en sorte qu'il se laisse travailler, sculpter et tourner avec une grande netteté; ses bancs sont très-épais et peuvent fournir des monolithes de toutes dimensions. Enfin, son gisement est inépuisable, et dans une situation très-heureuse, au bord du canal de la Marne au Rhin. Il est aussi près de la Bresse, et il pourra servir à fabriquer de la chaux destinée à améliorer les terres quand le chemin de fer de Dole à Châlons permettra d'en opérer économiquement le transport. La taille à la boucharde est assez difficile à cause de sa dureté et de sa bonne qualité; cependant elle ne dépasse pas 12 francs par mètre carré. Le prix sur la carrière, pour les pierres de choix ébauchées et destinées au polissage, est seulement de 40 francs le mètre cube. Il est de 60 francs à Lyon et de 100 francs à Paris, tous droits payés. Dans quelques années ce dernier prix sera encore réduit; car la navigation de l'Yonne aura été améliorée, et permettra de substituer le transport par eau au transport par chemin de fer.

Dès à présent le calcaire de Saint-Ylie a été employé dans Paris pour un nombre assez grand de monuments; MM. Vaudrey et Savarin l'ont utilisé notamment pour les ponts Saint-Michel et Solférino; il a servi à faire le socle du Palais des beaux-arts, ainsi que vingt-huit colonnes monolithes pour le Palais de justice. Il doit aussi être employé pour le nouvel Opéra, et fournir des fûts de colonnes pour l'église de

la Trinité. Les qualités supérieures qu'il présente comme pierre de construction le recommandent d'une manière spéciale, et l'on peut prévoir que son usage se répandra dans toutes les localités où il arrivera économiquement.

§ 3. — Ardoises émaillées.

Parmi les produits les plus remarquables de l'Exposition, nous signalerons l'ardoise dite *émaillée*, qui mérite d'autant plus d'exciter notre attention, que jusqu'à présent elle n'a pas été fabriquée en France ; c'est une industrie essentiellement anglaise, dont M. Magnus doit être considéré comme le créateur.

On sait que l'ardoise présente certaines variétés qui sont compactes et se laissent facilement débiter par la scie ou travailler sur le tour : aussi, dans plusieurs pays, a-t-on songé à l'employer à divers usages dans les constructions. Mais quand bien même elle a été polie, elle est très-facile à rayer ; de plus, elle reste toujours terne et d'un aspect peu agréable. Il était donc intéressant de rechercher s'il était possible de fixer des couleurs sur l'ardoise, et ce problème a été complétement résolu par M. Magnus. Voici de quelle manière on procède dans son usine de Pimlico, qui se trouve à Londres même. L'ardoise que l'on emploie est celle du pays de Galles, l'une des meilleures que l'on connaisse. Diverses machines servent à la scier en dalles ou en tablettes, à la tourner, à la planer, à y faire des cannelures. Les variétés les plus tendres sont réservées pour le travail au tour, et reçoivent la forme de cylindres, de balustrades ou d'objets analogues. Il faut d'abord appliquer les couleurs sur l'ardoise, et c'est ce que l'on fait, soit au pinceau, soit à l'aide d'un bain d'eau. Dans ce dernier cas, les couleurs, préparées avec un vernis, sont répandues sur une cuve à eau à la surface de laquelle elles se maintiennent ; on en approche la dalle d'ardoise, et elles s'y fixent immédiatement. Les pièces sont alors portées dans

un four de dessiccation dans lequel elles restent pendant douze heures; elles y sont soumises à une chaleur graduée qui varie de 100 à 300 degrés centigrades, suivant la couleur dont elles sont enduites. Il faut encore les protéger contre l'altération, et c'est ce que l'on fait en les recouvrant par un flux vitreux, bien transparent et facilement fusible, qui est en partie formé par le borax. On recommence cette opération par trois fois, après chacune desquelles l'ardoise est reportée dans le four, où elle reste pendant douze heures. Il est nécessaire de veiller à ce que le flux soit répandu bien uniformément. De plus, quand on chauffe l'ardoise ou quand on la refroidit, il importe beaucoup que la température ne varie pas d'une manière brusque, car autrement l'ardoise pourrait se fendiller, et l'émail qui la recouvre ne serait pas bien adhérent; c'est pour éviter ces inconvénients qu'on fait successivement passer l'ardoise dans des fours dont la température est lentement graduée.

Les couleurs employées sont exclusivement minérales, mais par l'action du feu elles éprouvent quelques changements dont il est nécessaire de tenir compte. Un atelier d'artistes représente des fleurs, des oiseaux, des paysages ou divers objets d'ornement; ces peintures sont exécutées au pinceau sur de l'ardoise à laquelle on a donné d'abord les couleurs qui doivent faire le fond. Lorsque les peintures sont complétement terminées et lorsqu'elles ont déjà été mises à plusieurs reprises dans le four, on les recouvre avec le flux vitreux. Il ne reste plus qu'à polir la surface de l'ardoise ainsi peinte et revêtue d'émail; c'est ce que l'on fait à la main avec de la ponce, du tripoli et de la potée d'étain.

La chaleur à laquelle l'ardoise émaillée est soumise a pour effet de la rendre moins hygrométrique, et d'augmenter sa dureté ainsi que sa résistance à la rupture. Cette ardoise peut très-bien remplacer le marbre pour une partie des usages auxquels on l'emploie le plus habituellement; elle a même sur lui l'avantage de se tailler beaucoup plus facilement. A

épaisseur égale, elle est plus légère, et offre plus de résistance; elle est surtout beaucoup plus économique. Ajoutons que la peinture y conserve tout son éclat, et que les reproductions de marbres, de porphyres, de serpentines, y sont tellement parfaites, qu'il est quelquefois nécessaire de les examiner avec soin pour reconnaître que ce sont des imitations. Si l'ardoise émaillée ne résiste pas à l'air extérieur, elle peut très-bien être employée à l'intérieur des appartements. Aussi son usage tend-il à se répandre beaucoup; on en fait des cheminées, des consoles, des panneaux, des chambranles de portes, des billards, des baignoires et des escaliers. En ce moment, M. Magnus exécute même, en ardoise émaillée, la décoration d'un appartement complet qui est destiné à S. M. l'Impératrice des Français.

Il est à désirer que l'ardoise émaillée, dont l'usage se répand beaucoup en Angleterre, soit également fabriquée en France. Bien qu'inférieures à celles du pays de Galles, nos ardoises pourraient certainement être utilisées pour cette industrie, surtout celles d'Angers, de la Sarthe, de la Mayenne, qui sont bien compactes et qui se laissent tailler très-facilement. Le goût français donnerait un attrait tout particulier aux dessins et aux peintures dont on recouvre la surface de l'ardoise.

§ 4. — Lave émaillée.

La lave émaillée nous offre une autre roche qui, une fois recouverte d'un véritable émail, n'éprouve absolument aucune dégradation lorsqu'elle est à l'air libre. Les monuments qui appartiennent à l'antiquité la plus reculée nous montrent déjà des peintures exécutées sur émail. Ainsi, dans les ruines de Ninive, on a trouvé des briques avec peintures émaillées qui attestent que cet art était connu des Assyriens. C'est en 1827 qu'un artiste français, M. Mortelèque, fit ses premiers essais pour obtenir des peintures sur la lave émaillée, et

après diverses tentatives infructueuses, il eut le bonheur de voir ses efforts couronnés de succès. Son procédé est encore suivi maintenant par M. F. Hachette, son parent, qui est devenu son successeur, et nous allons en donner une description sommaire.

Il était naturel de recourir à une roche d'origine ignée pour fabriquer un produit susceptible de résister au feu, et c'est la lave de Volvic, en Auvergne, qui a donné les meilleurs résultats. Elle s'exploite facilement en blocs de grandes dimensions ; toutefois elle a l'inconvénient d'être un peu fragile ; c'est même à cause de cette fragilité qu'on a renoncé à s'en servir pour les trottoirs de Paris. A l'aide d'une scie de marbrier, on la débite d'abord en tranches ayant 1 ou 2 centimètres d'épaisseur et une longueur qui peut dépasser 2 mètres. Puis, sur la face qui doit être émaillée, on bouche ses cellules avec un contre-émail, par-dessus lequel on applique au pinceau l'émail blanc plombeux et stannifère, qui est destiné à remplacer la couleur brune de la pierre. Quand la plaque est ainsi enduite, on l'introduit dans un four qui est porté à la température rouge, de manière à faire fondre l'émail. Le four est chauffé extérieurement comme une moufle, dont il présente à peu près la forme. Il a une faible largeur, mais sa hauteur s'élève à 2 mètres. Ses parois sont très-minces et consistent en pièces cuites d'argile réfractaire, qui sont elles-mêmes lutées avec de l'argile. Les plaques de lave émaillée sont placées dans le four verticalement ; il est nécessaire aussi qu'elles soient maintenues à égale distance l'une de l'autre, ce que l'on fait à l'aide de supports en poterie. On reconstruit ensuite, avec des pièces d'argile réfractaire, la façade extérieure par laquelle on a opéré le chargement ; on y ménage seulement deux ouvertures qui permettent à l'ouvrier de voir à l'intérieur de son four et de juger de la température à laquelle il est chauffé. On conduit le feu avec précaution, de manière à ce que la température s'élève graduellement. Le combustible employé est le bois, dont la longue flamme vient lécher

les parois du four. Quand le four est au rouge, il suffit de maintenir le feu pendant trois heures; après quoi on le laisse tomber en ménageant un refroidissement très-lent. La température à laquelle on a chauffé est seulement celle du rouge naissant; elle est suffisante pour fondre l'émail, sans toutefois l'amener à l'état de fluidité complète, car autrement il coulerait vers la partie inférieure. Elle n'est pas non plus assez élevée pour ramollir la lave. Les peintures sont ensuite exécutées sur l'émail à fond blanc ainsi préparé, et l'expérience montre qu'elles résistent parfaitement bien aux intempéries; elles conservent toute leur vivacité, et ne présentent aucune trace d'altération après avoir été exposées à l'air pendant plusieurs années. L'émail adhère, du reste, parfaitement bien à la lave; il ne s'en détache pas comme cela a lieu quelquefois pour la faïence, car il pénètre jusque dans ses cellules. Cependant, on ne peut éviter qu'il ne soit légèrement craquelé, ce qui s'explique quand on songe qu'il est amené à fusion, et que, par suite, son retrait doit être plus grand que celui de la lave. Parmi les inconvénients que présente la lave émaillée, il faut également signaler sa fragilité, qui est assez grande, surtout lorsqu'elle est en larges dalles. Son prix de revient, pour les objets les plus habituels, varie de 45 centimes à 1 franc par décimètre carré. Elle est employée pour faire des consoles, des tables, des dallages, des revêtements, des enveloppes de poêles et de calorifères, des salles de bains, des plaques indicatives de rues, des cadrans d'horloge, et toutes sortes d'inscriptions exposées à l'air. Elle convient surtout très-bien à la décoration extérieure et à la peinture monumentale. C'est, par exemple, en lave émaillée de Volvic qu'a été fait le magnifique tableau qui décorait le portail de Saint-Vincent de Paul. La lave émaillée a d'ailleurs sur la porcelaine l'avantage d'être obtenue en pièces de grandes dimensions, et qui n'ont même d'autre limite que la hauteur des fours dans lesquels on opère leur cuisson. Ainsi elle sert à des cadrans d'horloge qui ont jusqu'à 2 mètres

de diamètre, et le tableau de l'église de Saint-Vincent de Paul, dont nous venons de parler, est formé de quatre dalles qui atteignent une superficie de 14 mètres carrés. Enfin, quoique la tôle émaillée soit plus économique que la lave, il faut remarquer qu'elle est moins durable, parce que l'oxydation du métal devient pour elle, dans un avenir plus ou moins éloigné, une cause certaine de destruction. La lave émaillée offre donc des avantages réels, et, comme l'a fait observer M. Hittorff, dans son ouvrage sur l'architecture polychrôme, c'est la seule matière convenable pour la peinture monumentale à l'extérieur.

CHAPITRE II.

MATÉRIAUX ARTIFICIELS.

Les matériaux artificiels de l'Exposition comprennent des produits variés; ce sont pour la plupart des chaux, des pouzzolanes, des plâtres et leurs dérivés, ainsi que des ciments ou mortiers de toute espèce de composition. Il faut y ajouter la pierre artificielle de Ransome et divers composés bitumineux.

§ 1er. — Ciment Portland.

Parmi les ciments, le Portland réclame une attention spéciale, à cause de ses qualités exceptionnelles et du grand développement que sa fabrication a pris dans ces derniers temps. C'est en 1824 qu'un simple maçon de Leeds, dans le comté d'York, prit un brevet d'invention pour un ciment nouveau qu'il employa dans de nombreuses constructions, et auquel il donna le nom de Portland (*Portland cement*), parce que sa couleur était à peu près celle de la pierre du même nom qu'on emploie dans les constructions de Londres. Ce ciment peut être fabriqué soit au moyen d'un mélange

artificiel d'argile avec de la craie ou avec des calcaires marneux, soit à l'aide de marnes naturelles contenant environ 23 0/0 d'argile. Il importe que le mélange du calcaire avec l'argile soit bien exempt de sable et extrêmement intime. Sous ce dernier rapport il y a quelque avantage à employer des marnes naturelles, car le mélange est toujours beaucoup plus parfait ; d'un autre côté, comme la composition de ces marnes est rarement uniforme, il est nécessaire de contrôler celle du produit obtenu par quelques essais chimiques. La température de la cuisson doit être très-élevée, de manière que le ciment s'agglutine et arrive à la limite de la vitrification.

Rappelons brièvement quelles sont les principales propriétés du ciment Portland. Il a une couleur grise qui est tantôt verdâtre, tantôt noirâtre. Sa densité en pierre est supérieure à 3 ; en poudre, elle varie de 1.2 à 1.4, et, par conséquent, elle est toujours très-grande. Sa prise est lente, et, dans le gâchage, il éprouve une contraction qui s'élève à peu près à 30 0/0. La chaux s'y trouve en excès; toutefois, il a une réaction beaucoup moins alcaline que les autres ciments ou que les chaux hydrauliques. Il contient environ 65 de chaux, 20 de silice, et le reste est surtout de l'alumine; mais il renferme aussi un peu d'oxyde de fer, de la magnésie, et quelquefois même jusqu'à 3 0/0 d'alcalis. Ces dernières substances dépendent particulièrement de la matière argileuse, dont la composition est très-variable; et bien qu'elles soient en petite proportion, on comprend qu'elles modifient notablement les propriétés du ciment. Indépendamment de la composition de la matière argileuse, la température de la cuisson et le procédé même de fabrication exercent aussi beaucoup d'influence sur sa qualité.

En résumé, le ciment Portland a la même composition que la chaux limite de Vicat, mais il doit les caractères spéciaux qui viennent d'être décrits à ce que sa cuisson a eu lieu à une température élevée.

Des qualités exceptionnelles recommandent d'ailleurs le ciment Portland aux constructeurs. D'abord il est moins hygrométrique que la chaux hydraulique et que les autres ciments, en sorte qu'il se conserve plus facilement et qu'il supporte mieux le transport. Il durcit indistinctement à l'air ou sous l'eau ; en outre, il résiste très-bien à la pluie, à la gelée et aux intempéries atmosphériques. Comme sa prise est lente, son gâchage n'exige pas des ouvriers spéciaux, et il est possible de le travailler de nouveau après plus de douze heures. Sa résistance à la rupture par arrachement est très-grande, car après une année d'immersion dans l'eau douce ou salée, elle est de 30 à 50 kilogrammes par centimètre carré; tandis que dans les mêmes conditions, elle n'est guère que de 12 à 15 pour le ciment dit *romain*. Cette résistance augmente, du reste, à mesure que l'hydratation du ciment fait des progrès, et dans une série d'expériences, M. Demarle a constaté qu'elle croît très-rapidement. C'est ce qu'on peut facilement apprécier dans le tableau suivant, dans lequel la résistance à l'arrachement, prise pour unité, est celle du ciment Portland, au bout d'une durée de trente-six heures.

Temps exprimé en mois......	0,05	0,17	0,5	1	1,5	2	3	6	12
Résistance à l'arrachement....	1	2,96	4,95	5,72	6,04	6,83	6,88	7,74	8,14

La résistance à l'écrasement augmente également avec le temps. D'après M. Michelot, pour le ciment Portland de Boulogne, cette résistance s'élève à 375 kilogrammes au bout de trois mois, tandis que pour le ciment romain, elle est seulement de 150 kilogrammes au bout d'une année.

Le ciment Portland est très-compacte, et M. Becker a constaté qu'il s'imbibe seulement de 12 0/0 d'eau ; il en absorbe donc moins que certaines pierres de construction qui peuvent, en retenir près du quart de leur poids. Lorsqu'on le mélange à la chaux, il donne un bon mortier hydraulique. On l'emploie habituellement en le mélangeant à du sable, qu'on a soin de choisir siliceux et bien exempt d'argile. Cependant, l'expérience a montré que le ciment Portland est susceptible

de se combiner même avec l'argile. Il supporte d'ailleurs très-bien le mélange d'une grande proportion de sable et de gravier; on se sert, en effet, de mortiers en ciment Portland renfermant jusqu'à dix et même jusqu'à onze volumes de sable pour un de ciment. Lorsqu'on mélange un volume de ciment Portland avec quatre volumes de sable, on obtient un mortier qui est encore aussi résistant que le ciment romain pur.

Le ciment Portland peut servir à toute espèce de constructions, et il permet de les exécuter très-rapidement. On en fait avec grand avantage des moulures, des fontaines, des vases, et une foule d'objets d'ornements dont l'exécution en pierre de taille serait beaucoup plus longue et plus dispendieuse. Il pourrait être employé pour construire des silos. On s'en sert aussi pour les citernes destinées à contenir de l'eau ou de l'huile. Il est éminemment propre à la construction des égouts, des jetées, des fondations de ponts, des murs de quai, et en général à tous les travaux hydrauliques Il résiste surtout très-bien à l'eau de mer, et cette circonstance extrêmement importante a puissamment contribué au développement que sa fabrication a pris dans ces derniers temps. Il résiste même à des agents beaucoup plus énergiques que l'eau de mer; car on s'en est servi pour des bassins qui recevaient des lessives contenant des alcalis, du chlore ou de l'hypochlorite de chaux. Dans les fabriques de produits chimiques, on en fait encore des cristallisoirs, notamment pour l'alun, le sel marin, le nitre, le prussiate de potasse, le sulfate de soude.

ANGLETERRE.

Après ces renseignements généraux sur le ciment Portland, nous allons donner quelques détails spéciaux sur l'état de cette industrie, et sur les usines qui la représentaient à l'Exposition de Londres. A tous les égards, c'est par l'Angleterre qu'il convient de commencer. L'Angleterre est, en effet,

le pays dans lequel le ciment Portland a été inventé, et c'est aussi celui dans lequel on en fait la plus grande consommation. Les usines dans lesquelles on le fabrique sont au nombre d'une dizaine, et elles se trouvent au voisinage de Londres, sur les bords de la Tamise et de la Medway.

On peut estimer que leur production annuelle approche de 200,000 tonnes. Quatre grands fabricants étaient seuls représentés à l'Exposition universelle de Londres : c'étaient MM. White frères, M. Frenn, MM. Knight, Bevan et Sturge, ainsi que MM. Lee fils et Smith.

MM. White fabriquent leur ciment dans une usine unique et très-importante, qui est située à Swanscombe, près Greenhithe, sur la Tamise. Ils l'obtiennent par un mélange de deux volumes de craie avec un volume de vase provenant des bords de la Medway. La vase de la Medway est préférée à celle de la Tamise, parce qu'elle est marneuse et qu'elle contient déjà du calcaire. On a d'ailleurs soin de débarrasser la craie ainsi que la vase de leurs grains de sable, en les réduisant en schlamms qu'on sépare par décantation, et qu'on oblige à passer à travers une toile métallique très-fine. Le ciment, ainsi préparé à l'état boueux, se rend dans de grands bassins, au fond desquels il se dépose. Après qu'il a subi une première dessiccation à l'air libre, on le dessèche plus complétement en l'étendant en couches minces sur des aires chauffées et abritées. Les fours qui servent à la cuisson sont à feu continu et de grandes dimensions ; leur forme est à peu près elliptique ; leur ventre se trouve à 4 mètres au-dessous du gueulard, et a 5 mètres de largeur ; à la base des fours la largeur est de 2 mètres ; enfin leur hauteur totale est de 10 mètres. La température y est assez élevée pour produire la vitrification du ciment. Le seul combustible employé est le coke, qui donne plus de chaleur que la houille, et qui ne contient pas de pyrites. Du reste, à la température à laquelle on chauffe, le soufre se trouvant dans les matériaux employés, en particulier dans la vase de la Medway, forme peu

de sulfate, et doit être en partie dégagé par la silice à l'état d'acide sulfureux. La consommation du coke est, en poids, le tiers du ciment obtenu. On se sert beaucoup du ciment Portland de MM. White, pour les travaux maritimes, et particulièrement pour ceux du Havre, et d'après des essais qui ont été exécutés sous la direction de M. l'ingénieur en chef Bouniceau, sa prise a lieu au bout de quatre ou cinq heures. Quand on le pèse après le gâchage, et après l'avoir desséché pendant douze heures à 100 degrés, son augmentation de poids est seulement de 2 0/0. Voici l'une des nombreuses analyses par lesquelles M. Bouniceau a déterminé sa composition :

Silice.	20.84
Alumine et oxyde de fer.	12.75
Chaux libre ou carbonatée. . . .	4.05
Chaux combinée.	60.47
Sulfate de chaux.	1.89
Somme.	99.91

Dans les variations que présente cette composition, la silice peut atteindre 24 et la chaux combinée se réduire à 54. Son prix de revient au Havre est élevé, car, en comprenant tous les frais, il est de 75 francs la tonne.

L'usine de MM. White emploie moyennement sept cent cinquante ouvriers et huit machines à vapeur fixes ou locomobiles. Elle a fourni les 1,200 tonnes de ciment qui étaient nécessaires pour construire le bâtiment même de l'Exposition. Sa production annuelle s'élève à 30,000 tonnes pour le ciment Portland seulement.

Les fabricants anglais que nous avons mentionnés sont bien connus de tous les constructeurs, et particulièrement des ingénieurs français ; car, dans ces dernières années, nous avons importé d'Angleterre des quantités considérables de ciment Portland, qui ont servi surtout pour les travaux hydrauliques de Cherbourg, du Havre, de Caen, de Nantes, de Lorient, de Brest et d'Alger. Pour les grands égouts de

Londres, qui sont commencés depuis trois ans, et qui ne sont encore exécutés qu'à moitié, on en a déjà employé 40,000 tonnes.

Londres étant à la fois le centre de la production et de la consommation du ciment Portland, il importe d'y faire connaître son prix de vente. Or, la tonne s'y vend seulement 50 francs. Il faut, toutefois, augmenter ce prix de 12 fr. 50 c., soit d'un quart, pour les tonneaux qui servent à envelopper le ciment. Les enduits faits en ciment Portland reviennent à 3 francs le mètre carré, main-d'œuvre comprise. Le béton, contenant 1 de ciment pour 10 de gravier, coûte, avec la main-d'œuvre, 16 francs par mètre cube.

Dans les comtés du milieu et de l'ouest de l'Angleterre, ainsi que dans les endroits où il existe de la craie et de l'argile, on fabrique bien un ciment auquel on donne encore le nom de Portland, mais il n'a pas la réputation ni toutes les qualités de celui des environs de Londres.

FRANCE.

En France, les progrès dans la fabrication du ciment Portland ont été beaucoup moins rapides qu'en Angleterre et même qu'en Allemagne. Il faut sans doute l'attribuer au grand nombre d'usines à ciment et à chaux hydraulique qui existent depuis longtemps dans notre pays, ainsi qu'à l'abondance et à la variété de nos pierres de construction. A Boulogne-sur-Mer, une belle usine, qui est dirigée par M. Demarle, produit beaucoup de ciment Portland, d'une qualité égale ou même supérieure à celui de l'Angleterre. Il est regrettable qu'elle n'ait pas été représentée à l'Exposition de Londres.

Parmi les fabriques de ciment Portland qui se sont établies en France depuis l'Exposition de 1855, nous citerons, aux environs de Grenoble, celle de M. J. B. Vicat, le fils du célèbre ingénieur. Son ciment, qui s'obtient par une double

cuisson, est susceptible d'acquérir une très-grande dureté. A Paris, on est aussi parvenu à fabriquer une sorte de ciment Portland avec les marnes calcaires qui recouvrent le gypse. Ce résultat est dû aux recherches persévérantes de M. Brivet, ancien aide du laboratoire à l'École des ponts et chaussées, et de M. Lingée, qui a été le créateur de l'une des usines actuellement existantes. Le ciment Portland de M. Lingée s'obtient par la cuisson d'une marne naturelle, et sans qu'il soit nécessaire d'opérer aucun mélange. Cette marne était d'abord sans usage, et comme l'on était cependant obligé de l'extraire pour exploiter le gypse à ciel ouvert, elle produisait des déblais inutiles qui étaient même encombrants pour les carrières. Dans le coteau de Bagnolet et de Montreuil, elle forme plusieurs couches, dont la plus estimée atteint 1 mètre d'épaisseur, et se trouve à peu près à 7 mètres au-dessus de la haute masse du gypse. La densité du ciment qu'elle fournit est inférieure ou au plus égale à 1.2, qui est considéré comme le minimum pour le Portland. Sa cuisson a lieu à une température élevée; toutefois, le poids du coke consommé ne dépasse guère 12 0/0 du produit marchand. D'après une analyse de M. Moissenet, voici quelle est la composition du ciment de Paris :

Chaux	61.76	Acide carbonique	3.03
Silice	21.»»	Acide sulfurique	0.31
Alumine	6.50	Eau	3.60
Oxyde de fer	3.70	Somme	99.90

La proportion de chaux soluble dans l'eau s'élève à 20 0/0. Quoique ce ciment provienne de marnes associées au gypse, on peut observer qu'il contient à peine du sulfate de chaux. Des essais sur sa résistance à l'écrasement ont été faits au laboratoire de l'École des ponts et chaussées, et M. Hervé-Mangon a trouvé qu'elle pouvait s'élever à 115 kilogrammes par centimètre carré. Le ciment de M. Lingée a été employé à quelques grands travaux dans Paris; il a servi, par exemple,

à construire l'égout de Sébastopol et les deux nouveaux théâtres de la place du Châtelet. Bien qu'il soit de bonne qualité et supérieur au ciment de Vassy, M. l'ingénieur en chef Belgrand et les ingénieurs du service municipal lui préfèrent le Portland de Boulogne. Son prix de revient est du reste beaucoup moins élevé, car il n'est que de 50 francs la tonne, tandis que celui du Portland anglais atteint 90 francs. Dès à présent, il existe près de Paris plusieurs autres usines dans lesquelles on fabrique aussi un ciment qui est analogue au Portland, et qui rend de grands services dans les constructions. Les travaux gigantesques qui, sous la direction du préfet de la Seine, tendent à renouveler la capitale de la France, ne peuvent manquer de développer encore cette importante industrie.

AUTRICHE.

En Autriche on fabrique également le ciment Portland. Nous indiquerons d'abord l'usine de Perlmoos, dans le Tyrol, qui appartient à MM. Kraft et Saullich. L'analyse a donné pour la composition de son ciment :

Chaux	59.5	Potasse	1.5
Silice	20.2	Acide carbonique	4.4
Alumine	9.4	Acide sulfurique	1.2
Oxyde de fer	3.1	Somme	99.3

De nombreux certificats constatent que ce ciment Portland du Tyrol est de bonne qualité. En outre de ce qu'il s'emploie aux usages habituels, on lui donne aussi des couleurs variées, et on s'en sert pour faire des tuiles et des dallages en mosaïques. Ces dallages, qui sont de beaucoup plus économiques que ceux de marbre, ont été exécutés dans quelques églises et dans plusieurs maisons; leur prix est en moyenne de 8 fr. 30 c. au mètre carré. Quant aux tuiles en ciment, elles peuvent être réduites au même poids que les ardoises. Comme elles sont moulées avec soin, bien égales et parfaitement jointes, elles ne laissent pas pénétrer la pluie

à l'intérieur des habitations. Elles coûtent de 3 fr. 80 c. à 6 fr. 40 c. le mètre carré, et dans le pays elles reviennent à un prix moins élevé que les ardoises.

A Mutlmannsdorf, dans la basse Autriche, une usine livrant un bon ciment Portland a encore été construite par M. le docteur Curti, et, dès à présent, elle fournit 2,500 tonnes par année. L'usine de San Andrea, près Rovigno, en Istrie, donne un ciment qui convient très-bien aux travaux maritimes, et qui tend à se substituer au Portland anglais. A Eperies, en Hongrie, on fabrique aussi un ciment qui est éminemment hydraulique. Malgré les progrès qu'elle a réalisés dans cette branche d'industrie, l'Autriche reçoit encore du ciment Portland de l'Angleterre, et par année elle en importe environ 5,000 tonnes.

ZOLLVEREIN.

Dans le Zollverein, la fabrication du ciment Portland a pris un grand développement pendant ces dernières années. Indépendamment des usines de Quistorp et de Stettin, il s'en est élevé de nouvelles aux environs de Berlin et de Hambourg. Nous indiquerons encore celles de Rostock dans le duché de Mecklenbourg-Schwerin, de Lunebourg dans le Hanovre, de Bonn sur le Rhin, de Kircheim dans le Wurtemberg. A Hambourg et à Rostock, les matériaux qui servent à faire le ciment Portland. ne se trouvent pas sur place ; on les tirait d'abord de l'Angleterre, mais maintenant on les reçoit de Stettin ou de l'intérieur de l'Allemagne. Les prix de ces divers ciments sont d'ailleurs assez variables, et supérieurs à ceux du Portland anglais, puisque, d'après M. Koch, la tonne sans l'enveloppe revient à 56 francs près de Bonn et de Stettin, à 62 francs à Lunebourg, et même à 99 francs dans le Wurtemberg.

POLOGNE.

Enfin à Gorodetz, près d'Olkush, dans la Pologne russe, il s'est aussi établi naguère une fabrique qui livre un ciment

Portland de très-bonne qualité. C'est surtout dans la Pologne, dans le nord de l'Allemagne et sur les bords de la Baltique, que le ciment Portland présente de grands avantages, car, dans ces pays, les bonnes pierres de construction sont rares, et l'on sait que ce ciment résiste mieux que tout autre à l'action de la gelée.

§ 2. — Béton aggloméré

Le béton s'emploie depuis longtemps pour mouler des constructions de toutes pièces, et son usage était déjà connu des anciens. Il suffit de comprimer un mélange de chaux ou de ciment avec du sable, des briques ou des scories de forges, pour obtenir des pierres artificielles auxquelles on donne d'ailleurs telle forme que l'on veut. Plusieurs exposants avaient envoyé des pierres artificielles qui avaient été obtenues par ce procédé. Parmi les produits remarquables en ce genre, nous mentionnerons ceux d'un ingénieur anglais résidant au Bengale, M. Sandys, qui a pris un brevet pour leur fabrication.

Mais les principales tentatives faites, dans ces dernières années, pour substituer le béton à la pierre et pour en généraliser l'usage sur une grande échelle, sont dues surtout à M. F. Coignet. Voici quelle est sa manière d'opérer : il réduit d'abord en poudre fine la chaux ou le ciment qui entre dans la composition de son béton, et il veille à ce que son mélange avec le sable ou avec le gravier soit bien intime. La quantité d'eau introduite est aussi faible que possible, et, contrairement à la pratique habituellement suivie, le béton n'est pas amené à l'état de bouillie liquide. On doit reconnaître, en effet, que l'eau en grand excès présente des inconvénients réels, car elle délaie et dissout une partie de la chaux; puis, lorsqu'elle s'est évaporée, elle laisse des vides qui rendent le béton plus friable, plus poreux, plus susceptible d'absorber l'humidité. D'un autre côté, quand on veut réduire l'eau à la quantité qui est strictement indispensable

à la fabrication du béton, il est nécessaire que le mélange des matières soit très-intime, en sorte que le bras de l'homme devient insuffisant; il faut avoir recours à des machines puissantes, pouvant opérer bien complétement le mélange des matières. Il en résulte d'ailleurs cet avantage que le béton obtenu est alors parfaitement homogène. Deux opérations sont nécessaires pour préparer le béton ; dans la première on fait un mortier avec la chaux, les débris de terre cuite et une ou deux parties de sable seulement; dans la deuxième on mélange le mortier ainsi obtenu avec le reste du sable. M. F. Coignet a monté exprès des appareils broyeurs qui sont conjugués et mus par la même force. Avec un seul cheval ces appareils donnent par heure 1 mètre cube de béton qui a été malaxé deux fois. Supposons maintenant que le béton ait été fabriqué dans les conditions qui viennent d'être indiquées et de manière à donner, non pas une pâte liquide, mais simplement une pâte plastique, ou même, dans certains cas, une pâte grenue : il sera facile de l'introduire dans des moules ayant la forme de l'objet que l'on veut produire. On l'étalera par couches successives auxquelles on donnera environ 2 centimètres d'épaisseur, puis chacune d'elles sera pilonnée avec soin; on continuera ainsi jusqu'à ce qu'on ait entièrement rempli le moule, après quoi on l'enlèvera. Les pierrailles gêneraient beaucoup le pilonnage et devront être évitées dans le béton ; on n'y introduira que des débris menus, et ayant autant que possible les mêmes dimensions. L'expérience montre qu'en procédant de cette manière on obtient des bétons agglomérés présentant une cohésion et une solidité très-remarquables.

Les moules varient de forme avec les constructions qu'il s'agit d'exécuter, en sorte que leur confection donne lieu, comme le malaxage, à une certaine dépense; mais il faut observer que la proportion de chaux introduite dans le béton aggloméré reste très-faible; car, tandis qu'elle s'élève au tiers du volume du sable dans le béton ordinaire, on la

réduit au septième, et quelquefois même au dixième dans le béton aggloméré. Le pilonnage fait d'ailleurs refluer la chaux vers la surface extérieure du moule, en sorte que cette dernière est compacte lors même que l'intérieur serait un peu poreux.

Nous mentionnerons encore un perfectionnement dû à M. F. Coignet, qui permet d'activer la prise du béton et de travailler même pendant la gelée. Il consiste à soumettre le béton, au moment du broyage, à une température plus ou moins élevée, et à l'agglomérer pendant qu'il est encore chaud; on parvient ainsi à une dureté plus grande et beaucoup plus rapide qu'en opérant avec les mêmes éléments à une température plus basse.

Dans un ouvrage étendu qu'il a publié récemment, M. F. Coignet fait connaître les principales applications du béton aggloméré, les résultats qu'il a déjà obtenus et ceux plus importants qu'il espère réaliser (1). Diverses considérations théoriques qu'il présente dans cet ouvrage sur le durcissement des mortiers, nécessitent de notre part quelques réserves. Ainsi, nous ne saurions admettre que la qualité de la chaux n'exerce aucune influence sur celle du béton aggloméré. Le mélange intime et la pression peuvent bien avoir pour effet d'atténuer les différences, mais ils ne sauraient les faire complétement disparaître. Nous ne pensons pas non plus que quand des pouzzolanes et des briques pilées sont mélangées à la chaux d'un béton, leur rôle se borne à absorber l'eau qui se trouve en excès; elles forment certainement avec la chaux un hydrosilicate. En outre, la composition de la substance mélangée à la chaux exerce la plus grande influence sur la qualité du béton ; un gravier contenant des substances pouvant se combiner avec la chaux

---

(1) *Emploi des bétons agglomérés pour fortifications, ponts, digues, voûtes, aqueducs, chemins de fer, travaux à la mer, pierres artificielles*, par M. F. Coignet, ingénieur civil et manufacturier. — Paris, 1862.

sera préférable à un gravier calcaire; et, bien qu'il soit plus avide d'eau, un gravier mélangé d'argile ne donnera jamais qu'un béton ayant peu de cohésion.

Il nous est également impossible d'admettre avec M. Coignet que le béton aggloméré fabriqué avec des chaux et des ciments quelconques puisse être employé pour les travaux à la mer. Des expériences viennent d'être faites récemment par M. l'ingénieur Daguenet, et, à cet égard, elles sont concluantes.

Au port de Saint-Jean-de-Luz-Socoa, trente-quatre blocs artificiels en béton aggloméré ont été fabriqués avec des chaux et des ciments de qualités très-différentes. On s'est servi notamment de la chaux grasse de Bidart, des chaux hydrauliques d'Échoisy, du Theil, de la Mancelière, des environs de Paris, ainsi que des ciments Portland et de Pouilly. Les blocs ont été composés de sept parties en volume de sable de mer, d'une partie de terres cuites, d'une partie de chaux et d'une partie de ciment. On a d'abord constaté que plusieurs d'entre eux se sont brisés lorsqu'ils ont été lancés à la mer, et cependant on avait eu soin de prendre les précautions habituelles. Sur leur surface extérieure, et jusqu'à 2 centimètres environ d'épaisseur, on remarquait une couche plus compacte qu'à l'intérieur; en outre, les blocs avaient une tendance manifeste à se déliter suivant des plans parallèles à leur base, c'est-à-dire, comme on pouvait le prévoir, perpendiculairement à la compression résultant du pilonnage. De plus, les blocs immergés avaient leurs arêtes fortement attaquées et ne présentaient plus de consistance. Au bout de moins d'une année, dix blocs sur quatorze pouvaient être considérés comme entièrement détruits par la mer.

Malgré ces insuccès, qu'il est juste de mentionner, le béton aggloméré présente des avantages incontestables, et nous pensons qu'il importe de le signaler aux constructeurs. Fabriqué avec de la chaux, du gravier et de la terre argileuse

crue, il donne d'abord un pisé très-économique, résistant mieux à l'action de l'eau que le pisé ordinaire. Fabriqué avec de la chaux ou du ciment, avec du gravier et avec des pouzzolanes naturelles ou artificielles, il acquiert une dureté remarquable. Des essais faits au quai de Billy, à Paris, dans le laboratoire de l'École des ponts et chaussées, ont montré qu'il est susceptible d'être employé aux usages les plus variés. Il donne des constructions monolithes dont la cohésion augmente avec l'âge. Préparé convenablement, il peut acquérir une grande dureté et servir de dallage pour des trottoirs ou même pour des chaussées. Il permet de mouler des voûtes de toutes pièces. Des maisons qui sont entièrement construites en béton aggloméré résistent très-bien à toutes les intempéries depuis plusieurs années; elles ont d'ailleurs le grand avantage d'être incombustibles. Parmi les autres travaux qui ont encore été exécutés, nous citerons des massifs pour fixer les machines à vapeur, et des fosses d'aisance ainsi que des égouts pour la ville de Paris. Enfin, M. F. Coignet fait observer qu'on peut se servir du béton aggloméré pour les conduites ou réservoirs d'eau, pour les citernes, pour les cuves de gazomètres, pour les ponts, pour les aqueducs, pour les puits de mines, pour les fortifications, et, en un mot, pour la plupart des constructions; il propose, en conséquence, d'organiser des sociétés puissantes qui permettraient d'en généraliser l'emploi sur une vaste échelle.

§ 3. — Similipierre, Similimarbre.

La fabrication des matériaux artificiels de construction vient de faire un progrès notable qui est dû aux recherches de MM. Lippmann et Schneckenburger. Depuis l'année 1859 ils livrent au commerce des produits extrêmement remarquables qu'ils désignent sous le nom de similipierre ou similimarbre, à cause de leur ressemblance soit avec la pierre, soit avec le marbre. Nous pouvons sans inconvénient donner

quelques détails sur cette industrie nouvelle, puisque des brevets en garantissent la propriété aux inventeurs.

Le similipierre s'obtient en mélangeant du ciment, du chanvre haché et de l'huile de lin avec différentes substances pierreuses. Le tout est ensuite arrosé avec une dissolution contenant un cinquième de son poids de sulfate de potasse, dont on augmente d'autant plus la dose qu'on veut avoir une prise plus rapide. Pour composer, par exemple, le similipierre qui est employé aux constructions mobiles, on prend en volume :

Ciment	1
Chanvre haché	1
Argile pétrie avec de l'huile de lin	1
Poudre de marbre	3

Le tout est battu et pilonné fortement jusqu'à la réduction en pâte. Les substances qui entrent dans ce produit varient, du reste, suivant le but auquel on les destine. D'abord, au lieu de ciment, on peut y mettre de la chaux; maintenant, le marbre se remplace par du sable quartzeux, du gravier, de la pierre ou de la brique pilée, c'est-à-dire par les diverses substances qu'on introduit habituellement dans les mortiers. Au chanvre on substitue encore le crin végétal ou bien une autre matière filamenteuse; on conçoit que toutes ces matières tendent à augmenter la cohésion du produit. Il convient d'ailleurs de faire observer que l'idée de les mélanger au ciment n'est pas entièrement nouvelle; car, dans son rapport sur l'Exposition universelle de 1851, M. le professeur Ansted mentionne déjà un fabricant anglais, M. Iles, qui a obtenu des marbres factices en mélangeant du ciment avec des recoupes de soie et de velours. Il est probable aussi que l'industrie dont nous parlons est analogue à celle qui a été créée à Naples par le marquis Campana.

Si le similipierre est destiné à l'extérieur, il convient d'employer le ciment Portland ou bien un ciment mélangé de

chaux hydraulique. A l'intérieur on se sert quelquefois de ciments alunés dans lesquels on met en outre de la chaux, du chanvre, et de la glaise imprégnée d'huile de lin.

Pour préparer le similimarbre, on a recours à des ciments de couleur blanche dans lesquels on introduit de la poudre calcaire ou de marbre; ensuite on lui donne des teintes variées en y ajoutant des couleurs minérales.

Les produits que l'on obtient par les procédés que nous venons de faire connaître ont des qualités incontestables. Ils sont très-compactes, d'un aspect agréable, et prennent très-bien le poli. Ils peuvent se sculpter et se travailler comme la pierre. Leur densité varie de 1.8 à 2; ils sont donc beaucoup moins lourds que la pierre ou que le marbre. Ils ont une grande dureté, et d'après des essais de M. Michelot, leur résistance à l'écrasement s'élève à 161 kilogrammes par centimètre carré; elle est donc égale à celle des pierres calcaires des environs de Paris, qui sont employées en soubassement dans les édifices. Comme leur prise est lente, ils se travaillent facilement. Ils n'éprouvent aucun retrait en se solidifiant, en sorte qu'ils reproduisent les détails du moule avec une très-grande perfection. Tous les visiteurs de l'Exposition ont été frappés de la beauté et de l'incontestable supériorité des statues en similimarbre.

D'après l'expérience faite jusqu'à présent, qui remonte seulement à quelques années, le similipierre et le similimarbre peuvent résister à l'air : c'est un grand avantage qu'ils ont sur le plâtre et sur le stuc. Ils le doivent à leur composition, et aussi à leur grande compacité, qui empêche l'infiltration de l'eau dans leur intérieur; nous remarquerons cependant que l'introduction, dans leur pâte, de matières organiques, et d'un excès de sulfate de potasse, doit tendre à provoquer leur dégradation par l'atmosphère.

Au point de vue économique, l'emploi du similipierre donne des résultats avantageux, car il pourrait être fabriqué au prix de 45 francs le mètre cube. Quant au similimarbre,

son prix est inférieur de plus de 50 0/0 à celui du marbre, qu'il imite d'ailleurs parfaitement.

Pour les statues, les bas-reliefs, les moulures, et en général pour l'ornementation, le similipierre et le similimarbre rivalisent avec les matières les plus remarquables; ils ont d'ailleurs l'avantage de pouvoir être employés à l'extérieur aussi bien qu'à l'intérieur.

On a cherché à faire avec le similipierre des constructions mobiles pour l'exportation; et bien qu'une expérience plus longue soit nécessaire pour apprécier l'importance de cette application, il est utile d'en indiquer dès à présent les résultats. On sait, en effet, qu'en France, et surtout en Angleterre, on prépare beaucoup de maisons mobiles en bois ou en fer, qui sont ensuite expédiées aux colonies. Or, le similipierre se laisse aisément mouler en panneaux qui sont creux à l'intérieur, par suite très-légers et d'un transport facile. Pour leur donner une résistance convenable, on les a garnis intérieurement de châssis en bois ou en tôle. Ils sont d'ailleurs disposés de manière à s'assembler les uns sur les autres, et ils s'appliquent sur la carcasse de l'édifice. Pour le pavillon de style grec dont le modèle se trouvait à l'Exposition, et qui présentait un carré de 5 mètres de façade, MM. Lippmann et Schneckenburger ont estimé que la dépense serait au plus de 2,200 francs pour le similipierre, de 1,200 francs pour le bois, le fer et le reste; en sorte que la dépense totale ne dépasserait pas 3,400 francs. Déjà ils ont envoyé deux maisons construites d'après ce nouveau système à l'île Saint-Thomas, dans les Antilles, et les résultats obtenus sont satisfaisants. Un seul ouvrier européen, aidé de quelques nègres, a pu très-facilement les monter; elles n'ont pas été dégradées par les pluies tropicales auxquelles elles ont été exposées.

L'expérience n'a pas encore appris quelle sera la durée définitive des constructions mobiles en similipierre; mais il est certain qu'elles présentent des avantages réels; car de

même que les maisons en béton aggloméré, elles ne sont pas exposées aux incendies et aux ravages des insectes qui attaquent les bois; d'ailleurs elles garantissent beaucoup mieux du froid et de la chaleur que les maisons en fer, ce qui est une circonstance importante pour les colonies; d'un autre côté, elles ne reviennent pas à un prix élevé, et grâce à leur légèreté, on peut en opérer facilement le transport à de grandes distances, surtout lorsqu'on a la voie de mer à son service. Il est donc permis de croire que cette application de similipierre est destinée à prendre quelque développement.

§ 4. — Ciment Scott.

Depuis quelques années, on se sert en Angleterre d'un ciment spécial, qui a été appelé *ciment Scott*, du nom de son inventeur, M. H. Scott, capitaine au corps royal du génie. Nous allons donner quelques détails sur la fabrication et sur les propriétés de ce produit (1).

Le ciment Scott s'obtient en faisant arriver de l'acide sulfureux sur de la chaux vive qui est chauffée. On voit par cette simple indication du procédé que le produit obtenu doit être notablement différent de ceux auxquels nous réservons, en France, le nom de ciment. On opère dans un four voûté qui présente une sole à claire-voie, au-dessus de laquelle on étend la chaux vive. Cette chaux forme un lit ayant en moyenne $0^m,50$ d'épaisseur. Il convient, d'ailleurs, de réduire son épaisseur lorsqu'elle est en poussière ou en petits fragments, car alors l'acide sulfureux ne pourrait pas la pénétrer facilement. Quand le four est ainsi chargé, on allume le foyer qui se trouve au-dessous de la sole, et on y met des pots en fer contenant du soufre. La consommation du soufre

(1) *Papers on subjects connected with the duties of Corps of Royal Engineers. New series;* tome X, p. 132.

est à peu près de 9 kilogrammes par mètre cube de chaux. Maintenant, il suffit de prendre du soufre brut ou même, à son défaut, des pyrites; et l'on pourrait encore opérer plus simplement en brûlant dans le four une houille chargée de pyrite de fer. Quand le soufre commence à brûler et à donner des fumées d'acide sulfureux, on met une plaque d'ardoise à la partie supérieure de la cheminée; on bouche avec du plâtre les fissures que le four peut présenter, et l'on ferme avec soin toutes ses ouvertures, à l'exception d'une seule, qui est petite, et par laquelle on laisse arriver une quantité d'air suffisante pour la combustion du soufre. Quelques heures sont nécessaires pour qu'il soit entièrement consumé; on ouvre alors les portes du four, dans lequel on laisse entrer l'air pour refroidir la charge. On examine le produit obtenu, duquel on sépare la partie supérieure lorsqu'elle n'a pas été suffisamment pénétrée par l'acide sulfureux. Il faut ensuite réduire le ciment en poudre, car il s'est aggloméré dans le four. Cette opération, qui est la plus importante du procédé, s'exécute avec divers systèmes de meules. La qualité du ciment dépend beaucoup de la chaux que l'on a employée, et la chaux hydraulique donne des résultats bien supérieurs à la chaux grasse. On devra accorder la préférence aux chaux provenant de calcaires argileux, tels que le lias et la craie marneuse. Si le ciment a été fabriqué avec de la chaux grasse ou faiblement hydraulique, on pourra l'améliorer en mélangeant intimement sa poudre avec un égal volume de pouzzolane naturelle ou artificielle qui aura été pulvérisée. Du reste, pour Chatham, Douvres et pour les environs de Londres, on fabrique deux variétés de ciment Scott. La première, qui contient de 8 à 12 0/0 d'argile, est très-bonne pour les mortiers aériens ou pour tous les ouvrages secs; la deuxième, qui en contient de 18 à 24, peut être employée pour les fondations et même pour les travaux hydrauliques; mais cette dernière s'emploie peu parce qu'elle revient à un prix trop élevé.

Avec le ciment Scott la prise n'est jamais prompte, et elle est même d'autant plus lente qu'il est plus hydraulique. Ainsi, il faut six heures pour la première variété et un temps plus long pour la deuxième. Quand il est fabriqué avec la chaux hydraulique du lias, sa prise a lieu seulement au bout de vingt-quatre heures, et vers le huitième jour, sa dureté s'accroît encore notablement.

M. le capitaine Scott a fait un grand nombre d'expériences pour s'assurer de la qualité de son ciment. La première variété, étant mélangée avec 3 de sable, donne un mortier qui est à peu près de même prix que la chaux du lias, et qui offrirait une résistance plus que double à la rupture. Pour des mortiers renfermant 1 de ciment et 3 de sable, la résistance du ciment Scott s'élèverait même à 0.85 du Portland.

La fabrication du ciment Scott est assez exceptionnelle, et en l'absence de recherches précises sur sa composition, il n'est guère possible d'en donner la théorie. Il est probable cependant que l'acide sulfureux convertit une portion de la chaux en sulfite, lequel absorbe ensuite de l'oxygène pour passer à l'état de sulfate; et si le sulfate de chaux ne nuit pas à la qualité de ce ciment, cela tient sans doute à ce qu'il lui est intimement mélangé, et à ce qu'il ne se forme en définitive qu'en proportion assez petite. Nous rappellerons d'ailleurs que le plâtre devient beaucoup plus dur lorsqu'il est gâché avec un lait de chaux; qu'il en est encore de même lorsqu'on y ajoute un peu de chaux et d'alun, comme dans le procédé Duménil; car alors il résiste assez bien à l'air, et il peut même être employé pour des dallages. Au premier abord il semblerait plus naturel et plus simple de mélanger directement le plâtre à la chaux vive; mais M. le capitaine Scott pense que, par ce procédé, il y aurait de grandes difficultés pour obtenir un mélange aussi intime que celui résultant de la pénétration de la chaux par des vapeurs d'acide sulfureux.

Des analyses seraient nécessaires pour connaître la théorie

du ciment Scott, et il faut une expérience plus prolongée pour apprécier sa qualité. Il nous a paru, toutefois, qu'il était intéressant de le faire connaître en France; car, dès à présent, il est employé sur une grande échelle en Angleterre : M. le capitaine Fowke s'en est servi pour le Kensington Museum; les officiers de génie anglais en font surtout un grand usage pour les travaux militaires, notamment à Douvres, à Hythe, à Chatham, à Sherness, à Woolwich, à Aldershot.

§ 5. — Ciment Kuhlmann.

Nous mentionnerons encore un ciment ou plutôt un mortier spécial dont l'emploi a été indiqué par M. Kuhlmann. On le prépare en mélangeant à froid le marc provenant de la fabrication de la soude artificielle avec le résidu laissé par la pyrite de fer après qu'elle a été grillée, puis lessivée. MM. Bell, fabricants de produits chimiques à Washington, près Newcastle, viennent d'essayer ce nouveau ciment en l'employant dans une grande construction, et, bien qu'ils aient opéré pendant la gelée, les résultats obtenus sont satisfaisants. A l'usine de Washington le résidu lessivé des pyrites contient 85 d'oxyde de fer, 4 de soufre, et, en outre, des matières argileuses grillées. Après avoir pulvérisé ce résidu sous des meules verticales, on l'a mélangé avec le marc de soude humide, c'est-à-dire avec de l'oxysulfure de calcium, qui est composé de 1 atome de chaux pour 2 de sulfure de calcium. On a obtenu ainsi un mortier brun foncé qui était à prise lente. Sa grande richesse en oxyde de fer le rendait pesant, et sa densité s'élevait à 2.40. Au bout de six mois son durcissement était plus grand à la surface qu'au centre, et les intempéries qu'il avait supportées pendant ce temps l'avaient peu altéré ; on remarquait cependant des efflorescences dans les parties humides du bâtiment, et elles étaient surtout très-abondantes dans son intérieur. Lorsqu'on

traite le ciment Kuhlmann par l'acide chlorhydrique, il se produit une vive effervescence qui est due à un dégagement d'hydrogène sulfuré et d'acide carbonique. M. Brivet en a fait, à ma demande, un essai approximatif qui lui a donné les résultats suivants pour un échantillon âgé de six mois :

Oxysulfure de calcium	36.00
Carbonate de chaux	20.88
Sulfate de chaux.	6.12
Oxyde de fer et faible résidu argileux. .	30.00
Eau et perte.	7.00
Somme.	100.00

Ce mortier est fortement mélangé d'oxysulfure de calcium et d'oxyde de fer; il en renferme plus de 60 0/0 de son poids; mais on peut observer qu'il contient du carbonate de chaux comme un mortier ordinaire : de plus, on y trouve 6 0/0 de sulfate de chaux, quelques centièmes d'hydrosilicate et d'aluminate de chaux, du sulfate de fer et de l'hyposulfite de chaux. Sous l'influence de l'oxyde de fer, l'oxysulfure de calcium a été oxydé en partie : il s'est formé du sulfate de chaux hydraté et surtout de l'hydrate de chaux; cet hydrate s'est ensuite combiné avec l'acide carbonique de l'air, et aussi avec des matières pouzzolaniques contenues en très-petite proportion dans le résidu des pyrites.

Le ciment, ou plutôt le mortier de M. Kuhlmann, devra être réservé pour des circonstances assez exceptionnelles, et, d'un autre côté, sa nature ainsi que la proportion de sulfate de chaux qu'il renferme ne permettront pas de s'en servir pour des travaux hydrauliques. L'expérience qu'on en a faite depuis six mois à l'usine de Washington, montre, en outre, qu'il a l'inconvénient de donner beaucoup d'efflorescences, particulièrement à l'intérieur des constructions; ces efflorescences, qui sont formées pour la plus grande partie d'hyposulfite de chaux, contiennent aussi un peu de sulfate de chaux et de sulfate de fer. Toutefois, dans quelques cas,

par exemple lorsqu'il s'agira de construire des hangars ou des magasins, ce ciment pourra dispenser de l'achat de matériaux propres à bâtir ; il aura surtout le grand avantage d'utiliser des résidus qui encombraient les usines et qui étaient jusqu'à présent sans usage.

§ 6 — **Pouzzolanes.**

Les pouzzolanes naturelles résultant de la décomposition des roches volcaniques sont peu nombreuses à l'Exposition et ne présentent rien de particulier ; il suffira de mentionner celles de l'Algérie, de l'île de la Réunion et des îles Açores. L'exploitation de cette dernière prend même quelque développement, et, actuellement, elle est exportée soit en Europe, soit en Amérique.

Nous appellerons spécialement l'attention sur une pouzzolane qui a été envoyée à l'Exposition par M. l'ingénieur Calza. Elle se trouve à Rochetta et à Beverone, dans la province de Massa. On serait d'abord tenté de la prendre pour une pouzzolane volcanique ordinaire ; mais l'examen de son gisement et de ses caractères montre bientôt qu'elle en diffère entièrement. En effet, c'est un jaspe qui provient d'un schiste métamorphosé au voisinage de la serpentine. Sa couleur, qui est brune, est due à des filons d'oxyde de manganèse qui le traversent et qui l'imprègnent plus ou moins ; toutefois, il contient peu d'oxyde de manganèse. D'un autre côté, il ne fait pas d'effervescence dans l'acide ; il est très-dur et raye le verre ; en un mot, il est essentiellement formé par de la silice. Le poids du mètre cube en poudre est de 1,331 kilog., pour la variété de Beverone, et de 1,500 kilog. pour celle de Rochetta. On n'a pas besoin de le pulvériser ; car, par suite des circonstances dans lesquelles il s'est formé, il se délite spontanément à l'air, et se subdivise en une multitude de petits fragments anguleux. Comme ses gisements sont à proximité de cours d'eau, il est facile de le transporter, et

son prix est seulement de 9 francs la tonne, rendu au port de la Spezzia. Les essais qui ont eu lieu avec cette pouzzolane naturelle ont donné des résultats très-satisfaisants. D'après M. Calza, quand on la mélange avec de la chaux, on obtient un mortier dont les résistances à la traction et à l'écrasement sont supérieures à celles que donne, dans les mêmes conditions, la pouzzolane de Rome. Dans le pays, où on l'emploie depuis un temps immémorial, on s'était, du reste, aperçu qu'elle donne des mortiers qui sont éminemment hydrauliques, et qui atteignent une grande dureté.

Ainsi, le jaspe métamorphique fournit une pouzzolane naturelle qui est très-énergique; lorsque, en outre, il se délite spontanément, comme celui duquel nous venons de parler, il n'a besoin d'aucune autre préparation, et, par suite, son exploitation devient avantageuse. Il est d'ailleurs essentiellement formé par de la silice; de plus, cette dernière est très-divisée et non cristallisée, en sorte qu'elle peut facilement se combiner avec la chaux pour donner un hydrosilicate. Quant à l'oxyde de manganèse, il n'est pas efficace, car, lorsqu'on le mélange avec la chaux grasse, on sait qu'il ne la rend pas hydraulique.

Les gisements de Beverone et de Rochetta nous offrent donc de la silice qui, sans dépense d'aucun travail mécanique pour la réduire en poudre, sert immédiatement à la fabrication des mortiers hydrauliques. C'est en quelque sorte la réalisation, par la nature, de la pulvérisation du silex, qui avait été conseillée par M. l'ingénieur Rivot; et il est probable qu'on pourrait aussi employer avec avantage le tripoli ou la silice pulvérulente qui se trouve abondamment répandue dans divers dépôts, notamment à Santa-Fiora, à Parme et dans l'Auvergne.

§ 7. — Pierre artificielle de Ransome.

Lorsque la chaux vive est mélangée à une matière jouant le rôle de pouzzolane, on sait qu'elle fait prise en se combinant avec la silice, et qu'elle engendre alors une pierre artificielle. Dans ce procédé, la chaux a d'abord été calcinée, ce qui est une opération de voie sèche; mais on peut aussi se proposer de combiner directement la chaux avec la silice, en procédant par la voie humide. Ce dernier problème a été résolu par M. Ransome, qui fabrique de la pierre artificielle sans avoir aucunement recours à la chaleur.

A cet effet, il emploie la silice ainsi que la chaux à l'état soluble : la silice est fournie par un silicate alcalin, le silicate de soude; quant à la chaux, elle provient du chlorure de calcium. La réaction de ces deux composés donne l'hydrosilicate de chaux; lorsqu'il fait prise, cet hydrosilicate cimente d'ailleurs les subtances terreuses qui lui sont mélangées, lesquelles peuvent être du sable, de l'argile ou de la craie.

M. Ransome opère habituellement avec les proportions suivantes :

Sable	50 kilog.
Argile réduite en poudre fine.	5 kilog.
Craie.	5 kilog.

Ces substances sont d'abord mélangées avec 4 litres et demi de silicate de soude liquide, ayant une densité de 1.7. Il en résulte un mortier qui est coulé dans un moule auquel on a donné la forme de la pierre artificielle qu'on veut produire. On plonge ensuite ce mortier dans une dissolution de chlorure de calcium dont la densité est de 1.4. Par double décomposition, il se produit alors de l'hydrosilicate de chaux, qui sert de ciment, et du chlorure de sodium qu'on enlève par le lavage. Quant au silicate de soude, on le prépare en dissolvant du silex par l'alcali caustique dans une

chaudière à vapeur à haute pression. On observe dans cette opération que le silex est corrodé d'une manière inégale, et que sa structure peut être fort complexe, lors même qu'il paraît être homogène.

La pierre artificielle de M. Ransome peut être employée avec avantage dans les constructions, car son prix de revient ne dépasse guère 55 francs par mètre cube; de plus, elle reçoit immédiatement, par le moulage, la forme qu'elle doit conserver, en sorte qu'elle n'occasionne pas de dépenses ultérieures pour sa taille. Sa densité est à peu près celle de la pierre de Portland, et elle résiste bien à l'atmosphère, ainsi qu'à la gelée. Elle est très-compacte et elle durcit avec le temps. M. Frankland a constaté qu'elle absorbe moins de 7 0/0 d'eau, tandis que l'oolithe de Bath en prend environ 10 0/0 de son poids. Il a reconnu également que lorsqu'on la fait bouillir avec une eau acidulée par une petite quantité d'acide sulfurique, elle est moins attaquée et perd moins de son poids que les pierres calcaires qui sont traitées de la même manière. Toutefois, elle a l'inconvénient de retenir avec force le chlorure de sodium provenant de la double décomposition; et même après lavage, elle en renferme encore quelques centièmes qu'on peut du reste lui enlever par l'eau bouillante. On comprend parfaitement que ce sel doive être très-nuisible dès qu'il reste en quantité notable, parce qu'il tend à produire des efflorescences et à désagréger la pierre; de plus, il la rend humide et très-hygrométrique.

La pierre artificielle de M. Ransome offre, d'ailleurs, une grande résistance à l'écrasement, comme le prouvent des essais récents qui sont dus à M. G. R. Burnell. Si elle n'est pas très-convenable pour la grosse maçonnerie, elle peut être utilement employée pour les revêtements. A Londres, on s'en est même servi récemment pour la façade extérieure du chemin de fer souterrain, le *Metropolitan Railway*. Elle est surtout très-convenable pour faire des vases, des moulures et divers objets de décoration.

Bien que la pierre artificielle de M. Ransome ne paraisse pas avoir d'avenir dans les pays largement dotés de matériaux de construction, elle peut cependant rendre des services dans ceux qui sont moins bien partagés. C'est une découverte ingénieuse et utile qui tend à passer du domaine du laboratoire dans celui de la pratique. Du reste, son usage se propagera d'autant plus que le silicate alcalin deviendra plus commun et qu'il se fabriquera plus économiquement.

§ 8. — Composés bitumineux.

Les composés bitumineux sont fréquemment employés dans les constructions, et l'Exposition en offre surtout un grand nombre qui ont été utilisés pour la fabrication des tuyaux. On remarque notamment des tuyaux en papier bitumé envoyés par différents pays, par l'Angleterre, par la France, surtout par la Prusse et le Zollverein. Le diamètre de quelques-uns s'élève jusqu'à $0^{m},80$.

On a tenté également de faire des tuyaux avec du bitume ou avec de l'asphalte mélangé de gravier ; mais c'est avec le bitume mélangé à l'ardoise ou au coke que les résultats les plus satisfaisants ont été obtenus. M. Ch. Sébille, de Nantes, est l'inventeur de cette fabrication nouvelle, qui paraît destinée à quelque avenir, et sur laquelle il est utile d'appeler spécialement l'attention.

La substance bitumineuse employée par M. Sébille est le brai qui provient de la distillation du goudron de gaz. L'ardoise qui lui est mélangée est prise parmi les déchets des ardoisières ; après l'avoir écrasée sous des meules verticales, on la réduit en poussières plus ou moins fines, qui sont ensuite classées à l'aide d'un tamisage. Le brai est placé dans une chaudière en fonte, et, lorsqu'il est fondu, on y ajoute peu à peu de la poussière d'ardoise, en agitant le mélange jusqu'à ce qu'il soit bien homogène. La densité de ce composé bitumineux est très-faible quand on la compare à celle

des métaux, puisqu'elle reste comprise entre 2.2 et 2.5; elle est d'ailleurs d'autant plus forte qu'il contient plus d'ardoise. Le mélange n'est pas mou comme le brai, car l'ardoise lui donne de la dureté et en même temps beaucoup de cohésion. D'un autre côté, il se ramollit au-dessous de 150 degrés de chaleur, en sorte qu'il se laisse facilement courber ou souder. De même que les autres composés bitumineux, il est inoxydable, inaltérable, et il n'est pas attaqué par les acides; en outre, il se conserve bien, même quand il est enfoui sous terre. La résistance à l'écrasement du composé de brai et d'ardoise a été déterminée, sur ma demande, par M. l'ingénieur en chef Michelot. L'expérience a montré que pour des cubes formés de 22 0/0 de brai et de 78 d'ardoise, cette résistance est supérieure en moyenne à 300 kilogrammes par centimètre carré; dans l'un des essais, elle a même dépassé 350 kilogrammes; elle est donc beaucoup plus considérable qu'on n'aurait pu l'attendre d'un composé bitumineux. D'après cela il paraît possible, dans certaines circonstances, d'employer utilement ce composé dans les constructions, et de s'en servir concurremment avec le béton et avec le ciment. Il ne faut cependant pas perdre de vue que la présence du brai le rend nécessairement très-combustible, et que, dans un grand nombre de cas, ce grave motif devra le faire rejeter.

Lorsqu'on remplace l'ardoise pulvérisée par des escarbilles de coke en petits grains, on obtient un composé bitumineux qui présente moins de dureté et de cohésion que le premier; cependant il est également susceptible de nombreuses applications dans l'industrie. Tous deux peuvent surtout être avantageusement employés à la fabrication des tuyaux.

Déjà M. Ch. Sébille avait apporté un perfectionnement notable à l'industrie des tuyaux de conduites en substituant le plomb étamé au plomb pur, qui présente de si nombreux et de si graves inconvénients. Ses tuyaux en plomb étamé sont fabriqués à chaud par un refoulement énergique, et ils sont

enduits d'étain simultanément à l'extérieur et à l'intérieur, au moment même de leur production. Depuis plusieurs années qu'on les emploie, on a reconnu qu'ils présentent de grands avantages ; car ils ne se recouvrent pas de carbonate de plomb à leur surface, et ils ne s'altèrent pas sous terre; ils sont plus durs et résistent mieux à la pression que les tuyaux ordinaires en plomb; à diamètre égal, leur poids est moindre, en sorte qu'ils sont plus économiques ; enfin ils ne donnent pas aux ouvriers les coliques de plomb, et quand ils servent à la conduite des eaux, ils n'occasionnent pas d'empoisonnements saturnins.

M. Ch. Sébille a eu l'idée d'employer un procédé analogue au précédent pour fabriquer des tuyaux avec un mélange de brai et d'ardoise.

A cet effet, il fond le mélange et le coule dans des moules en fonte, puis il le soumet à une compression. L'expérience a montré que ces tuyaux de brai et d'ardoise présentent une grande résistance à la rupture et à l'écrasement. Ils ne sont pas cassants comme ceux en ciment ou en terre cuite. Ils n'éclatent pas par l'action du froid, et quand on y fait congeler de l'eau, ils sont même beaucoup moins déformés que les tuyaux de plomb. Lorsqu'on veut les assembler, il suffit de les engager l'un dans l'autre par un petit cylindre en tôle qui reste en saillie, et qui, dans le moulage, a été fixé à l'une des extrémités. Puis, à l'aide d'un fer circulaire qu'on a fait rougir, on ramollit simultanément les extrémités contiguës des deux tuyaux, et on opère leur soudure avec la plus grande facilité. Veut-on courber ces tuyaux, il suffit de les chauffer légèrement au point où la courbure est nécessaire. Enfin, pour embrancher une conduite latérale sur la conduite principale, on pratique un trou dans cette dernière, et on opère très-aisément la soudure à l'aide d'un fer chaud. Plusieurs centaines de mètres de ces tuyaux fabriqués avec du brai et de l'ardoise servent à la canalisation de l'eau et du gaz dans la ville de Nantes, et les résultats obtenus jus-

qu'à présent ont été très-satisfaisants. Les tuyaux faits avec le brai et le coke ou les escarbilles sont aussi employés, notamment pour des drainages dans la campagne.

Le composé bitumineux qu'on obtient en mélangeant le brai avec l'ardoise ou avec le coke peut servir à une foule d'usage dans lesquels on emploie l'asphalte. Il importe maintenant d'observer que le brai a peu de valeur, et que l'ardoise en poussière n'en a aucune; quant aux escarbilles de coke provenant de la combustion de la houille, c'est un déchet pour les usines. Aussi les prix des tuyaux fabriqués avec le nouveau composé bitumineux sont-ils remarquablement peu élevés. Voici quelques chiffres qui pourront le faire bien apprécier:

		Diamètre intérieur.	Poids du mètre.	Prix du mètre.
Tuyaux en brai	avec coke	0m,03	2 kil. »	0 fr. 06
		0m,10	7 kil. 50	0 fr. 23
		0m,15	14 kil. »	0 fr. 43
		0m,20	20 kil. »	0 fr. 62
	avec ardoise	0m,03	3 kil. »	0 fr. 13
		0m,10	9 kil. »	0 fr. 40
		0m,15	18 kil. »	0 fr. 81
		0m,20	24 kil. »	1 fr. 08

Le prix moyen des 100 kil. est seulement de 3 fr. 10 c. pour les tuyaux avec escarbilles, et de 4 fr. 50 c. pour ceux avec ardoise. Les producteurs anglais, fabriquant des tuyaux en bitume ou bien en papier bitumé, se sont justement alarmés de la concurrence qui pouvait leur être créée, et la sollicitude de juges aussi compétents sur cette question est le plus bel éloge qu'on puisse faire de cette industrie nouvelle. Il faut reconnaître, en effet, que M. Ch. Sébille a réalisé un progrès notable en transformant, par une série de recherches ingénieuses, des matières n'ayant que peu ou point de valeur en produits qui sont très-économiques et d'une utilité générale.

CHAPITRE III.

CONSERVATION DES MATÉRIAUX.

La conservation des matériaux de construction était représentée à l'Exposition par différents systèmes de peintures, et par des procédés ingénieux employés pour préserver le bois ou la pierre de la destruction.

Occupons-nous d'abord des pierres

§ Ier. — Conservation des pierres.

De nombreuses tentatives ont été faites, dans ces dernières années, pour durcir et conserver les pierres au moyen d'un silicate alcalin : c'est ce qu'on a nommé la *silicatisation.*

Le professeur Fuchs, de Munich, eut d'abord l'idée d'employer le silicate de potasse soluble à la conservation des matériaux de construction, et, dès l'année 1841, M. Kuhlmann en a fait l'application au durcissement des pierres. Lors de l'Exposition universelle de 1855, la classe des constructions civiles a signalé toute l'importance des recherches de M. Kuhlmann sur le même sujet, et, depuis cette époque, ce savant les a poursuivies avec activité. On sait que, pour silicatiser une pierre, on l'imbibe avec la solution d'un silicate alcalin; ce silicate ne tarde pas à se décomposer, en sorte que la silice, étant mise en liberté, bouche les pores de la pierre dont elle augmente la cohésion. M. Kuhlmann pense même que, dans cette circonstance, la silice se combine avec le calcaire, et il attribue le durcissement de la pierre à un phénomène analogue à celui qui produit la consolidation des chaux hydrauliques et des ciments.

Après avoir traité la pierre par une solution de silicate de potasse, M. Kuhlmann a essayé l'action de l'aluminate de la

même base, et il a constaté que la pierre soumise à ce traitement acquiert une grande dureté. Le plâtre et l'argile étant imbibés alternativement de silicate, puis d'aluminate de potasse, ont, d'ailleurs, donné les mêmes résultats.

Enfin, comme complément de ces recherches, M. Kuhlmann a reconnu récemment que lorsqu'on pétrit des terres argileuses, et, en particulier, le kaolin, dans des dissolutions de silicates alcalins, on obtient des ciments qui prennent, dans toute leur masse, une très-grande dureté. On peut aisément se rendre compte de ce dernier résultat en observant que les argiles douées de plasticité sont exemptes d'alcalis ou bien en contiennent très-peu, comme l'a constaté récemment M. le docteur Percy; tandis que celles qui sont schisteuses et lithoïdes en contiennent toujours une portion très-notable. On comprend donc que l'introduction d'alcalis dans une argile tende à modifier complétement ses propriétés; en particulier, elle devra diminuer sa plasticité et au contraire augmenter sa cohésion.

Divers essais pour durcir et conserver la pierre par la silicatisation ont été faits d'après les procédés de M. Kuhlmann, et ils ont généralement donné de bons résultats; cependant, parmi les inconvénients qu'on rencontre dans la pratique, il faut signaler la lenteur avec laquelle le silicate alcalin se décompose, car une partie de ce réactif peut être dissoute et entraînée par les pluies sans exercer aucune action. C'est pour parer à cet inconvénient que M. Kuhlmann a proposé, pour les pierres qui doivent avoir une couleur blanche, de faire succéder l'imbibition d'un lait de chaux à celle du silicate de potasse; de cette manière il se forme un hydrosilicate de chaux, et l'on évite la perte des dernières parties de silicate alcalin qui auraient résisté à la décomposition produite par l'acide carbonique de l'air.

Pour la silicatisation de la pierre, M. Ransome se sert d'un procédé qui diffère peu du précédent, et il détruit également le silicate alcalin par une double décomposition. Le silicate

alcalin avec lequel il imbibe d'abord la pierre est du silicate de soude, et il l'emploie en dissolution ayant une densité de 1.3. Il lave ensuite la pierre avec une dissolution de chlorure de calcium ayant à peu près la même densité. Une double décomposition se produit; il se forme d'une part du chlorure de sodium qui est dissous, tandis que la silice, se combinant avec la chaux, bouche les pores de la pierre et cimente en même temps ses différentes parties.

Parmi les exposants français qui se sont occupés de la silicatisation et qui ont contribué à la rendre pratique, nous mentionnerons M. Léon Dallemagne. Il emploie le silicate de potasse seul et quelquefois l'acide phosphosilicique. Le silicate est préparé par le procédé de Fuchs, en fondant au four à réverbère 6 parties de potasse d'Amérique avec 7 de sable de Fontainebleau ; on en fait ensuite des dissolutions marquant de 3 à 17 degrés, suivant la nature et l'état de la pierre. Les travaux exécutés par M. Léon Dallemagne lui ont suggéré diverses précautions qui sont utiles pour le succès de la silicatisation. Au nombre des monuments qu'il a silicatisés, il suffira de citer. Notre-Dame de Paris, la Sainte-Chapelle, le Conservatoire des arts et métiers, la fontaine des Innocents, les cathédrales de Chartres et d'Amiens.

Enfin, M. Szerelmey a employé un procédé qui diffère assez notablement de ceux que nous venons d'indiquer. Il consolide la pierre avec un enduit qu'il suppose avoir été connu des anciens; il l'appelle du nom grec de *zopissa*. La composition de cet enduit a été tenue secrète jusqu'à présent ; mais M. Frankland a constaté qu'il renferme encore de la silice, de la soude, de la chaux ou d'autres bases, et, en outre, diverses substances organiques. Il paraît probable que le procédé de M. Szerelmey comprend deux opérations distinctes; dans la première on emploie une dissolution de silicate de soude, et dans la seconde on applique à la brosse un enduit qui est formé de substances organiques. D'après un échantillon qui nous a été remis par M. Szerelmey, la plus

importante de ces substances serait une sorte de gomme-résine, vraisemblablement celle qu'on désigne dans le commerce sous le nom d'*animé*, et qui provient de la côte de Zanzibar.

Le *zopissa* s'applique d'ailleurs sur la pierre à l'état liquide. Certains essais qui ont été exécutés au palais de Westminster ont donné de bons résultats, et ont motivé des certificats favorables de M. Faraday et de sir Roderick Murchison. D'autres essais ont, au contraire, laissé beaucoup à désirer, et ont montré que la matière employée n'avait pas une composition constante. M. Szerelmey a du reste proposé de se servir du *zopissa* pour préserver non-seulement la pierre, mais encore la brique, le bois, le fer, et, en un mot, tous les matériaux de construction. Il en imprègne aussi du papier et du carton pour faire des tuyaux de conduite, ainsi que l'enveloppe des fusées de guerre. Enfin, il l'applique sur la toile et il obtient un vernis qui est terne, mais très-souple, et qui ne se fendille pas, en sorte qu'on peut en fabriquer des chaussures.

Malgré les nombreuses recherches qui ont été faites, il faut reconnaître qu'on n'a pas encore trouvé un procédé complétement satisfaisant pour durcir la pierre et pour la préserver de la destruction. Que l'on emploie un silicate alcalin ou une matière organique, on ne peut guère imprégner que la surface de la pierre, et la dissolution ne pénètre pas aisément dans son intérieur. D'ailleurs le sel alcalin qui se forme dans la silicatisation est difficile à laver complétement, surtout lorsque la pierre présente des surfaces horizontales ; il produit dans ce cas des efflorescences qui tendent, dans une certaine mesure, à dégrader la pierre. Dans la province de Victoria, en Australie, on a même constaté que les grès naturellement imprégnés de sels donnent de très-mauvaises pierres de construction. Lorsqu'on se sert du silicate alcalin seul, le départ de l'alcali à l'état de carbonate est, comme on le sait, plus lent, et, d'un autre côté, sa présence rend la pierre

hygrométrique. De plus, le silicate alcalin donne aux pierres une teinte inégale et plus foncée, qui tend à marquer leurs assises d'une manière désagréable. C'est un inconvénient notable, surtout pour les sculptures qui sont formées de l'assemblage de plusieurs pièces, et on a pu l'apprécier récemment sur les statues qui décorent le pont des Saints-Pères à Paris. Enfin, ajoutons encore que l'emploi du silicate alcalin exige des ouvriers assez expérimentés. Ces différentes circonstances peuvent expliquer pourquoi, dans plusieurs villes d'Allemagne, notamment à Hambourg et à Berlin, la silicatisation paraît maintenant être à peu près abandonnée (1).

Le moyen le plus efficace de parer à la destruction de la pierre consiste, en définitive, dans le choix de bons matériaux de construction, et l'on ne saurait y apporter trop de soins et de discernement. L'expérience vient encore d'en être faite pour le principal monument de Londres, le palais de Westminster qui, terminé depuis quelques années seulement, commence déjà à se dégrader.

La pierre avec laquelle il a été construit est la dolomie ou calcaire magnésien de Bolsover. Bien qu'elle soit généralement dense et cristalline, elle a le grand inconvénient d'être d'une qualité inégale, en sorte que certains blocs sont tendres, poreux, et s'égrènent facilement. De plus, on a reconnu qu'elle est attaquée d'une manière très-sensible par l'atmosphère de Londres, qui contient une quantité très-appréciable de sulfate d'ammoniaque produit par la combustion de la houille; or, ce sel se condense à la surface de la dolomie qu'il décompose. M. Robert Warrington a même constaté que la dolomie du palais de Westminster se recouvre d'efflorescences renfermant des sulfates de magnésie et de chaux; et leur existence est facile à expliquer, car le sulfate d'ammoniaque transforme la dolomie en carbonate d'ammoniaque qui se

(1) Ce renseignement a été donné au jury par MM. Koch et Meier membres de la classe X pour la Prusse et pour la ville de Hambourg.

volatilise, et en sulfates de chaux et de magnésie qui se forment aux dépens de ses bases. Que l'on suppose maintenant une dolomie poreuse : elle sera attaquée par le sulfate d'ammoniaque, non-seulement à l'extérieur, mais encore à l'intérieur, et, de plus, les efflorescences produites tendront nécessairement à la désagréger; par suite, sa destruction devra marcher très-rapidement.

Ainsi, d'une part, les conditions toutes spéciales de l'atmosphère de Londres, qui est humide et chargée de sulfate d'ammoniaque; d'autre part, la nature et la porosité de la pierre employée expliquent les ravages rapides subis par le beau palais de Westminster, ravages que les procédés de conservation essayés jusqu'à présent ont été impuissants à conjurer d'une manière complète.

§ 2. — Conservation des bois.

Le bois qui est exposé à l'air ne tarde pas à se décomposer; il se détruit également lorsqu'il est enfoui sous terre; il peut même s'altérer lorsqu'il est plongé dans l'eau. L'altération tient à plusieurs causes. D'abord, l'albumine et les matières azotées qu'il renferme tendent à y provoquer le développement de différents êtres; il s'y forme des végétaux cryptogamiques, et de plus, dans l'air aussi bien que dans l'eau, il est attaqué par des insectes ou par des animaux xylophages. En outre, il est susceptible d'éprouver une fermentation, et il subit alors une décomposition lente qui est analogue à celle des matières animales.

De nombreux moyens ont été employés pour conserver le bois; on s'est servi de sels métalliques, tels que les chlorures de zinc, de mercure et de calcium, le sulfate de fer, seul ou bien avec le sulfure de barium, et surtout le pyrolignite de fer, ainsi que le sulfate de cuivre. On a eu recours aussi à diverses matières bitumineuses, et notamment à l'huile lourde qui provient de la distillation du goudron de houille.

Cette huile contient beaucoup d'acide phénique, dont une très-petite proportion suffit pour conserver les corps organisés. Dans le commerce, elle se désigne improprement sous le nom de créosote, et on appelle *bois créosoté* celui qui en est imprégné. Il nous paraît utile d'appeler l'attention sur ce mode de conservation des bois qui, très-peu usité en France jusqu'à présent, est cependant tout à fait pratique et donne les résultats les plus satisfaisants. C'est à M. Bethell qu'on en doit la découverte et l'application, et voici sommairement quel est le procédé auquel il s'est arrêté après plus de vingt-cinq années de recherches.

Le bois qu'il s'agit de préserver est d'abord introduit dans un cylindre de tôle entièrement impénétrable à l'air, et, de plus, assez résistant pour supporter une forte pression. Comme il doit pouvoir contenir des pièces de bois de grandes dimensions, on lui donne 2 mètres de largeur sur 20 mètres de longueur. A l'aide d'une pompe pneumatique mue par une machine à vapeur, on y fait le vide, ou plutôt on y raréfie l'air qu'on amène à n'avoir plus qu'une force élastique représentée par 9 centimètres de la colonne de mercure; l'air et l'eau qui sont contenus dans les cellules du bois peuvent alors se dégager d'une manière suffisante. Ensuite on introduit l'huile lourde désignée sous le nom de créosote, dont la densité moyenne est un peu supérieure à celle de l'eau; on la refoule dans le cylindre à l'aide d'une presse hydraulique, et on la soumet à une pression qui s'élève à 8 atmosphères. On laisse le bois séjourner dans le cylindre pendant un temps assez long pour qu'il puisse s'imprégner de cette huile. Une durée de douze heures est généralement suffisante, mais elle doit être d'autant plus grande que le bois est plus compacte, plus dense et plus humide. Lorsque le bois est encore vert, il est d'ailleurs préférable de ne pas l'employer, car on ne parvient pas à l'imbiber convenablement, même en augmentant la pression et en prolongeant beaucoup l'expérience.

Si le bois est compacte, comme le chêne, le cœur peut très-bien n'être pas imbibé; mais il suffit à sa conservation que l'huile pénètre dans une zone de quelques centimètres au-dessous de sa surface. Il est nécessaire que chaque mètre cube de bois soit imprégné d'au moins 113 kilogrammes de l'huile lourde du goudron. Si le bois doit séjourner dans l'eau, et surtout dans l'eau de la mer, il en faut au moins 162 kilogrammes. On comprend maintenant que la proportion d'huile de goudron absorbée variera beaucoup avec la nature des bois; c'est dans le hêtre qu'elle est la plus grande: elle s'y élève jusqu'à 324 kilogrammes; l'huile de goudron s'y répartit d'ailleurs de la manière la plus uniforme.

Pour être bien sûr que les bois ont absorbé les quantités d'huile lourde nécessaires à leur conservation, on détermine leur poids à l'entrée et à la sortie du cylindre : ceux qui n'ont pas augmenté de la quantité voulue y sont repassés. Une disposition ingénieuse permet de réduire beaucoup la dépense considérable de main-d'œuvre à laquelle donneraient lieu le chargement et le déchargement des pièces de bois dans le cylindre; elle consiste à placer ces pièces sur un petit chariot qui roule sur des rails, et qui, entré par une extrémité du cylindre, ressort par l'autre.

Lorsque les bois ont été soumis à cette préparation, ils prennent une teinte brun foncé, et l'expérience montre qu'ils résistent remarquablement bien à la destruction. Il faut l'attribuer à ce que l'acide phénique, de même que le sulfate de cuivre, coagule leur albumine, ce qui empêche la fermentation de leurs matières azotées; en outre, par son odeur repoussante, cet acide prévient la fixation d'animaux ou de végétaux parasites; il éloigne surtout les tarets et les mollusques marins qui dévorent si rapidement le bois, et dont les ravages ne sont pas arrêtés par le sulfate de cuivre. Ajoutons maintenant que l'huile du goudron accompagnant l'acide phénique forme un enduit bitumineux qui protége très-bien les fibres du bois, et, comme elle est insoluble dans

l'eau, on comprend qu'elle résiste beaucoup mieux et qu'elle soit plus efficace qu'un sel soluble.

Les bois tendres et poreux sont très-facilement imprégnés par l'huile lourde du goudron ; on peut donc les utiliser dans les constructions en remplacement des bois durs, ce qui permet de réaliser une grande économie.

Le prix de revient du bois dit *créosoté* est assez variable, car il dépend de celui du goudron de gaz ; on peut admettre cependant qu'il s'élève, en moyenne, à 18 francs par mètre cube pour le bois exposé à l'air, et à 23 francs pour celui qui plonge dans l'eau de mer.

Le grand développement pris dans ces derniers temps par l'industrie du bois créosoté est une garantie certaine des services qu'elle a déjà rendus et de ceux qu'elle est appellée à rendre. Dès à présent M. Bethell a monté une dizaine de distilleries destinées à préparer l'acide phénique ou l'huile lourde du goudron de houille; ces distilleries sont à proximité des grandes villes d'Angleterre, dans lesquelles on fabrique beaucoup de gaz, telles que Londres, Birmingham, Liverpool, Manchester.

Les usines dans lesquelles M. Bethell imprègne le bois sont au nombre de dix-sept; elles se trouvent en Angleterre, en Écosse, en Irlande, en Hollande, en Belgique et en France. Ces dernières sont situées à Bordeaux, à Valence et à Ivry, près de Paris. Du reste, il est facile d'appliquer le procédé sur place, dans tous les grands chantiers de construction.

Lorsque le bois imprégné d'acide phénique et d'huile lourde du goudron a été préparé avec soin et dans les conditions qui viennent d'être indiquées, on a toujours reconnu qu'il se conserve très-bien. Des expériences faites sur la plus grande échelle et dans les conditions les plus variées, soit en Angleterre, soit en Belgique, ont donné les résultats les plus satisfaisants. Pour les poteaux qui soutiennent les fils télégraphiques, et surtout pour les traverses de chemins de fer, on emploie avec grand avantage le bois dit créosoté.

La Compagnie des chemins de fer du Midi s'en est servi en France, et les compagnies des chemins de fer de l'Inde ayant constaté qu'il n'est pas attaqué par la fourmi blanche, n'ont pas hésité à l'employer et à le faire venir d'Angleterre. Dans les mines et dans les carrières il résiste bien à la carie et à l'humidité; on n'est pas obligé de l'abandonner, comme cela a lieu pour le bois ordinaire, qui se décompose très-rapidement, et il en résulte un grand avantage. C'est particulièrement dans l'eau de mer que le bois dit créosoté donne les résultats les plus remarquables. Des essais comparatifs ont montré que le bois ordinaire est presque entièrement rongé par les tarets au bout de quelques années, tandis que, dans les mêmes conditions, le bois créosoté n'est pas sensiblement attaqué. L'ingénieur Brunel l'a employé à la construction de plusieurs ponts, et depuis dix-huit ans il s'est très-bien conservé. Il en est de même pour le bois créosoté qui a servi aux travaux de plusieurs ports importants de l'Angleterre, notamment à Leith, à Holyhead, à Portland, à Plymouth, à Brighton, à Southampton. Quand ce bois est attaqué par les tarets ou par les mollusques perforants, on a reconnu que cela tient à ce qu'il a été imprégné d'une manière insuffisante, ou bien à ce que des chocs ont dégradé sa surface et mis à nu la portion qui n'a pas été atteinte par l'huile du goudron ; et alors, c'est seulement dans cette portion que le bois se trouve attaqué, en sorte que, loin d'infirmer la règle, cette exception vient plutôt la confirmer. Cependant le procédé Bethell n'est pas sans présenter quelques inconvénients. D'abord, il est assez dispendieux; de plus, l'huile lourde du goudron est d'un prix variable, et il ne serait pas possible de s'en procurer en quantité suffisante dans tous les pays. Ajoutons que le procédé Bethell ne s'applique pas aux arbres abattus récemment, et qu'il donne au bois une odeur très-désagréable. Enfin il rend surtout le bois très-combustible, ce qui ne permet pas de l'employer à la construction des maisons et encore bien moins à celle

des navires. Toutefois, on peut en partie remédier à ce dernier inconvénient en imbibant le bois avec du chlorure de zinc qui en diminue beaucoup la combustibilité.

Dans les circonstances où le procédé Bethell ne sera pas susceptible d'être employé, on le remplacera d'ailleurs par d'autres procédés d'origine française ou anglaise; parmi les plus ingénieux, nous citerons spécialement ceux qu'on doit à M. le docteur Boucherie ainsi qu'à MM. Legé et Fleury-Pironnet (1).

Les exemples qui viennent d'être cités suffisent pour faire comprendre toute l'importance du procédé employé par M. Bethell pour la conservation des bois. Des résultats satisfaisants ont été obtenus dans des conditions variées, pour le bois exposé à l'air libre, ou dans des galeries de mines, pour celui qui est enfoui sous terre, pour celui qui est plongé dans l'eau douce ou dans l'eau de mer.

Bien que ce procédé présente quelques inconvénients, un grand nombre de compagnies et les administrations publiques de plusieurs pays l'ont définitivement adopté. Dès à présent, son usage est très-répandu en Angleterre, en Belgique, en Hollande, et il est vraisemblable qu'il ne tardera pas à se propager en France. La Compagnie parisienne du gaz s'est, d'ailleurs, mise en mesure de l'appliquer, et en le répandant elle rendra un service signalé à l'industrie, indépendamment de ce qu'elle ouvrira un débouché nouveau à l'un des produits de ses usines.

§ 3. — Peinture aux composés bitumineux.

La peinture ne sert pas moins à conserver qu'à décorer les matériaux de construction. Elle met en œuvre des substances extrêmement variées ; cependant, lorsqu'il s'agit de conserver les matériaux, elle emploie souvent les composés

(1) PAYEN, *Leçons sur la conservation des bois*. Paris, 1861.

bitumineux. Dans ces derniers temps, elle a eu recours aussi aux silicates alcalins.

Parmi les composés bitumineux déjà expérimentés dans la peinture, et donnant de bons résultats, d'après les témoignages d'ingénieurs et d'architectes, nous indiquerons le vernis Dupont, qui est à base d'hydrocarbure. Il sert dans la marine impériale, dans l'artillerie, dans les chemins de fer, pour enduire les murs et pour préserver les charpentes en fer et en bois. Il sert également à peindre la coque des navires, sur laquelle il prévient, dans certaines limites, la fixation des animaux parasites. Le mastic bitumineux de F. Lauterbourg, qui est fabriqué à Berne, s'applique sur les objets à l'aide de l'essence de térébenthine, avec laquelle on le dissout. Le mastic Machabée, formé en grande partie de cire et de suif mélangés à de la poix et à des matières bitumineuses, est employé aux mêmes usages que les précédents. On l'utilise aussi pour sceller les conduites d'eau. Il y avait encore à l'Exposition d'autres composés bitumineux qui sont utilisés pour protéger les matériaux et pour garantir les habitations des effets de l'humidité; mais l'absence de renseignements précis sur leur composition nous oblige à les passer sous silence.

§ 4. — Peinture au silicate alcalin.

Les silicates alcalins solubles peuvent très-bien servir à la peinture dans les constructions, ainsi que l'ont montré les recherches de Fuchs ; mais cette industrie a reçu dans ces dernières années des perfectionnements importants qui sont dus à M. Kuhlmann.

Tous les genres de peintures ont été l'objet de son attention : peinture extérieure de bâtiments, peinture de décoration intérieure, peinture monumentale et peinture sur verre. Tantôt il a appliqué directement les couleurs broyées avec la dissolution siliceuse; tantôt il a fait intervenir la gélatine

avec cette dissolution, comme dans la peinture en détrempe. Dans l'une et l'autre circonstance, il a obtenu des peintures pouvant résister au lavage. Des spécimens nombreux de ces recherches ont été présentés à l'Exposition, et ce qui a surtout frappé l'attention du jury, c'est l'usage que M. Kuhlmann a fait dans ces peintures nouvelles de diverses substances minérales blanches, telles que les carbonates et les sulfates naturels de chaux et de baryte. Mais la base blanche sur laquelle M. Kuhlmann a fondé les plus grandes espérances pour l'avenir de la peinture siliceuse est le sulfate artificiel de baryte. Son emploi sur la plus grande échelle lui paraît tellement assuré, qu'il a organisé dans ses usines de vastes ateliers qui sont consacrés à cette fabrication. En même temps, une série nombreuse de sels barytiques a été, de sa part, l'objet d'applications industrielles variées. L'un d'eux, qui intéresse plus particulièrement les constructions et le décor, est le chromate de baryte, qui présente une couleur d'un jaune soufre très-pur. L'Exposition en offre des échantillons remarquables.

M. Kuhlmann a voulu faire saisir d'un seul coup d'œil la différence de blancheur et d'éclat qui existe entre la céruse ou le blanc de zinc, et les bases blanches nouvelles qu'il propose d'y substituer. Dans ce but, il a rapproché ces couleurs blanches les unes des autres, en les répandant sur les secteurs d'un même plateau circulaire. L'examen comparatif de ce plateau est tout à l'avantage des bases blanches nouvelles, et il met plus particulièrement en relief la supériorité du sulfate artificiel de baryte.

Dès à présent, l'emploi du silicate alcalin dans la peinture est sorti du domaine du laboratoire pour passer dans la pratique, et M. Kuhlmann a trouvé dans M. Brébar un coopérateur zélé et intelligent qui lui a permis d'atteindre ce résultat très-promptement, eu égard aux difficultés que rencontre toujours une industrie nouvelle. L'Exposition faisait voir des peintures aux silicates qui étaient destinées à la dé-

coration des bâtiments. Leurs couleurs étaient des plus vives et leurs prix peu élevés. Elles avaient d'ailleurs été appliquées avec un égal succès sur la pierre calcaire, sur le mortier, sur le plâtre, sur la brique, sur le bois, sur le verre, et en un mot sur tous les matériaux.

§ 5. – Peinture du bois créosoté.

M. Mirandolle, de Fijenoord, près Rotterdam, a encore apporté un perfectionnement à la peinture dans les constructions, car il est parvenu à en recouvrir le bois dit créosoté, sur lequel elle n'adhérait pas jusqu'ici. Lorsqu'il est protégé par une couche de peinture, le bois créosoté reste toujours inaltérable, et, en outre, il ne répand plus l'odeur si désagréable qu'on lui connaît; dans certaines circonstances il pourrait donc être employé dans les maisons desquelles il a été exclu jusqu'ici, tant à cause de sa mauvaise odeur que de sa combustibilité.

CHAPITRE IV.

SONDAGES.

Nous terminerons ce rapport par quelques mots sur les sondages appliqués aux constructions. Les sondages servent, comme on le sait, à reconnaître les terrains sur lesquels on doit bâtir; ils indiquent s'il existe d'anciennes carrières; ils donnent la profondeur à laquelle se rencontrera un sous-sol solide et parfaitement résistant. Ils servent aussi à rechercher de l'eau et quelquefois à l'absorber. C'est seulement à ces divers titres que nous en parlerons ici.

Nous mentionnerons d'abord M. Kind, sondeur saxon, qui, sous la direction de MM. les ingénieurs Alphand et Darcel, a exécuté le sondage du puits artésien de Passy. Le sondage

fait par M. Mulot, à Grenelle, ayant démontré qu'il existe au-dessous de Paris une nappe souterraine jaillissante, le préfet de la Seine donna l'ordre de l'atteindre par un sondage au diamètre de 0m,70. M. Kind, qui, le premier, avait eu l'idée hardie de faire des sondages à grand diamètre, fut chargé de ce travail, le plus considérable et le plus grandiose qu'il y ait en ce genre. Après divers accidents et de grandes dépenses occasionnées surtout par l'écrasement des tubes de fer garnissant le trou de sonde au niveau de l'argile plastique, il atteignit la nappe jaillissante à la profondeur de 587 mètres au-dessous du sol. Cette nappe coule dans les sables verts inférieurs à l'argile du gault. Sa température est de 28 degrés, et sa *dureté* mesurée à l'hydrotimètre est environ de 11 degrés. La proportion de sable et d'argile qu'elle entraîne est d'ailleurs très-faible, car elle n'est guère que de 1 millième. Quant au débit, il était par vingt-quatre heures de 16,000 mètres cubes au niveau du sol, c'est-à-dire à la cote 53m,17 au-dessus de la mer; il se maintient du reste régulièrement à 6,200 mètres cubes, à la cote 73m,15, qui permet de distribuer l'eau dans les quartiers élevés de Paris. La dépense considérable à laquelle a donné lieu le puits artésien de Passy, s'élève à 896,580 francs; mais en admettant le débit constant de 6,200 mètres cubes, le prix de revient du mètre cube d'eau serait seulement de 2 centimes, et il reste inférieur à celui de toute distribution d'eau faite dans les quartiers élevés de Paris.

MM. Degousée et Laurent ont exécuté un grand nombre de sondages relatifs aux constructions. Il convient de signaler particulièrement ceux de Londres, de Paris, du chemin de fer de Madrid à Alicante, qui avaient pour but de rechercher l'eau nécessaire à l'alimentation des chaudières. A Naples, ils ont trouvé de l'eau jaillissante à la profondeur de 464 mètres. D'autres sondages ont été faits à Athènes, à Buenos-Ayres, au Sénégal. Par l'envoi d'équipages de sonde, ils ont d'ailleurs concouru à beaucoup d'autres sondages, notamment

à ceux des chemins de fer russes. Mais les plus importants sont ceux de l'Algérie : forés jusque dans la région du Sahara, ils ont rendu la vie à des contrées que le tarissement des puits menaçait de convertir en désert. Au tunnel des Apennins, MM. Degousée et Laurent exécutent en ce moment avec la sonde quatre puits de 80 centimètres de diamètre. Ajoutons que dans leur ouvrage intitulé *le Guide du Sondeur*, ils ont traité d'une manière complète les diverses questions qui se rapportent à l'industrie des sondages.

MM. Mulot et Dru sont des sondeurs qui ne le cèdent pas en habileté à ceux desquels nous venons de parler. Indépendamment des sondages pour rechercher les mines, ils en ont exécuté un très-grand nombre pour obtenir des eaux jaillissantes. Ils en ont surtout fait beaucoup dans tout le bassin parisien, et leur outillage leur permettrait d'en mener de front une trentaine à la fois. Enfin, ils ont aussi exécuté à la sonde des puits de grand diamètre.

Nous ajouterons que chacun des sondeurs précédents a apporté aux instruments de sondage des modifications notables, ou tout au moins des perfectionnements qui lui sont propres; l'histoire de ces perfectionnements accomplis en France, résumerait l'histoire des progrès qui ont été réalisés dans le mécanisme des sondes dans ces dernières années. La France se maintient donc au premier rang pour l'industrie des sondages, et bien que l'Angleterre soit très-avancée dans les arts mécaniques, jusqu'à présent elle est restée tributaire de nos sondeurs.

RÉSUMÉ.

Dans ce rapport nous nous sommes borné à mettre en relief les principaux perfectionnements qui ont été réalisés depuis l'Exposition universelle de 1855. Nous terminerons par de courtes remarques relatives à certaines branches de l'in-

dustrie française, et nous indiquerons en même temps les moyens propres à favoriser leur développement.

1° La France est, après l'Italie, le pays le plus riche en marbres; mais, parmi les carrières qui les fournissent, il en est dont l'exploitation est très-ralentie, et pour un certain nombre elle a même complétement cessé. Il en résulte que des marbres exceptionnels et éminemment propres à la décoration atteignent des prix très-élevés ou finissent par disparaître entièrement. L'Administration pourrait porter remède à ces inconvénients et rendre plus d'activité à l'industrie des marbres, en signalant cette question à l'attention de l'École des beaux-arts. Elle pourrait, en outre, prescrire d'employer dans les constructions de l'État et des grandes villes, les marbres qui appartiennent aux plus belles variétés de France, et qui, exploités à une époque antérieure, ont déjà reçu la sanction d'une expérience séculaire.

En Russie, en Angleterre, en Suède, en Italie, il existe de grandes usines dans lesquelles les pierres dures sont travaillées, et servent à faire soit des mosaïques, soit divers objets d'ornement. Elles servent aussi à la décoration extérieure et intérieure des édifices, et elles fournissent des matériaux très-riches dont la durée est illimitée. Jusqu'à présent cette industrie est très-peu développée en France; cependant des granites et des porphyres se retrouvent quelquefois dans nos monuments, et les Romains en faisaient venir à grands frais de la Gaule. Il serait à désirer que ces pierres dures, qui sont absolument inaltérables, fussent employées à la décoration de nos monuments, lorsqu'ils sont destinés à passer à la postérité la plus reculée.

2° La fabrication des chaux hydrauliques et des ciments a reçu de grands développements dans tous les pays, et même jusque dans les colonies les plus éloignées. C'est aussi ce qui a eu lieu pour l'emploi des pouzzolanes. Quant au ciment Portland, qui est d'un usage si général en Angleterre, il tend également à se répandre en France, en Autriche, en Prusse,

et dans tout le nord de l'Europe. Ses qualités exceptionnelles le font d'ailleurs rechercher pour les travaux hydrauliques, notamment pour ceux qui s'exécutent à la mer. Toutefois, les progrès de la France dans cette fabrication sont moindres que ceux de plusieurs pays voisins, et des quantités considérables de ciment Portland sont encore importées à grands frais d'Angleterre pour les travaux de nos ports.

Il serait utile que l'administration favorisât la fabrication du ciment Portland en France. Elle y parviendrait aisément en prescrivant d'acheter aux producteurs indigènes le ciment nécessaire aux constructions de l'État, à la condition qu'il fût de même qualité et de même prix que celui de l'étranger. Comme les matières propres à la fabrication du ciment Portland sont très-répandues, l'administration pourrait provoquer la création d'usines qui seraient situées à proximité des grands travaux maritimes. Dans certains cas, elle aurait même avantage à concourir aux frais d'installation de ces usines.

3° La conservation des bois par l'huile lourde provenant de la distillation du goudron de gaz, donne des résultats très-satisfaisants qui, dans certains cas, sont supérieurs aux résultats obtenus par les autres procédés. En effet, le bois qui a été imbibé de cette huile résiste bien à toute décomposition ; il n'est pas altéré, qu'il soit exposé à l'air, enfoui dans la terre ou plongé dans l'eau ; il est, au contraire, préservé de la fermentation et des attaques des animaux parasites de toute espèce, particulièrement de ceux qui vivent dans la mer. De plus, à la suite d'expériences poursuivies pendant plusieurs années, tant en Angleterre qu'en Belgique, le bois imprégné d'huile lourde du goudron a été officiellement adopté pour les travaux de l'État et pour ceux des grandes compagnies.

Il serait bien désirable que cette question de la conservation des bois, à la fois si importante et si complexe, fût également résolue en France. Plusieurs services publics y sont

intéressés de la manière la plus directe. L'Administration pourrait donc prescrire des expériences analogues à celles qui ont eu lieu dans des pays voisins; faire comparer dans différentes conditions les procédés actuellement employés pour la conservation des bois; signaler quels sont ceux qui donnent les meilleurs résultats pour les poteaux télégraphiques, pour les chemins de fer, pour les mines, pour les navires, pour les travaux à la mer, et en un mot pour les diverses constructions.

Telles sont les industries dont l'Administration pourrait déterminer la création ou activer le développement, en intervenant d'une manière soit directe, soit indirecte. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que les progrès industriels tendent surtout à se développer d'eux-mêmes, et que, en définitive, c'est dans la concurrence et l'intérêt privé qu'ils trouvent le stimulant le plus efficace.

SECTION II.

TRAVAUX PUBLICS.

PONTS, VIADUCS, BARRAGES, ÉCLUSES, RÉSERVOIRS,
DIGUES ET JETÉES A LA MER, TRAVAUX DES PORTS, PHARES, ETC.,
REPRÉSENTÉS A L'EXPOSITION;

PAR M. BOMMART.

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES.

A l'Exposition universelle de 1851, les travaux publics qui se rapportent aux voies de communication telles que les routes, les canaux, les rivières canalisées, les chemins de fer (1), les ports de mer, et ceux, non moins dignes d'intérêt, qui ont pour objet l'assainissement des villes et des campagnes, n'avaient été représentés que par un très-petit nombre de modèles ou de dessins. Dans la division anglaise figuraient bien quelques ouvrages de premier ordre, le brise-lames de Plymouth, le pont Britannia, de M. Robert Stephenson, le pont de Chepstow, de M. J.-K. Brunel, le pont suspendu de Kieff, de M. Vignoles, et quelques autres constructions de moindre importance; mais, en général, les modèles de ces ouvrages jetaient peu de lumières sur les progrès que ces grands travaux avaient réalisés dans l'art des constructions, et ils furent principalement appréciés par

(1) Dans les trois expositions universelles de 1851, 1855 et 1862, le matériel fixe et le matériel roulant des chemins de fer ont été placés en dehors de la catégorie de constructions qui fait l'objet du présent rapport.

le public et par le jury, au point de vue restreint du mérite d'exécution du modèle. Il était clair que l'attention n'avait point encore été suffisamment appelée sur la place importante que la grande industrie des travaux publics pouvait et devait occuper dans les expositions universelles.

A l'Exposition universelle de 1855, il en fut déjà autrement. Une nombreuse collection de modèles et de dessins d'ouvrages construits sur divers points de l'empire, tant par les ingénieurs du Corps impérial des ponts et chaussées pour le compte du gouvernement, que par l'industrie privée, avait été réunie et exposée par les soins du ministère des travaux publics de France. Dans cette collection figuraient : l'aqueduc de Roquefavour, le viaduc de Tarascon sur le Rhône, le viaduc de la Durance, le viaduc de Dinan ; les ponts Napoléon, d'Arcole et d'Asnières, sur la Seine ; le phare des Héaux de Brehat; le système de barrage mobile de M. Poirée ; divers autres systèmes de barrages mobiles; l'écluse de Saint-Jean, au Havre, et d'autres intéressants ouvrages. Dans la division anglaise se distinguaient : en première ligne, le pont Britannia, sur le détroit de Menai; puis, le pont de Chepstow, sur la Wye; les bassins de Grimsby, le port de Sunderland, etc.; les travaux du Canada et les travaux des Indes. Dans les autres divisions étrangères, on remarquait : aux États-Unis, la forme de Brooklyn, près New-York; en Suède, la nouvelle écluse de Stockholm; en Hollande, la reconstruction de l'écluse de Flessingue, etc. L'Exposition comprenait, en outre, des appareils divers et des descriptions de procédés d'exécution, qui constituaient de nouveaux éléments de progrès pour l'art des constructions. On y trouvait, enfin, un certain nombre de projets sérieusement étudiés en vue de travaux à venir. Le rapport très-substantiel de M. l'ingénieur en chef de la Gournerie, faisant partie de la collection des rapports du jury mixte international publiés sous la direction de S. A. I. le prince Napoléon, met à même d'apprécier tout l'intérêt qu'ont présenté les ouvrages relatifs aux voies

de communication exposés en 1855, et l'heureuse influence que cette Exposition a dû exercer sur les progrès ultérieurs des travaux publics.

A l'Exposition universelle de 1862, la place conquise par l'industrie des travaux publics a été plus grande encore : prise dans son ensemble, l'Exposition a été plus variée et plus complète ; un plus grand nombre de nations y ont fourni leur contingent ; la marche et les tendances du progrès graduel y sont plus nettement caractérisées.

Toutes dispositions avaient été prises en temps opportun pour que la plupart des spécialités diverses du génie civil français y fussent dignement représentées. Une commission, instituée par S. Exc. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, avait été chargée de prendre les mesures nécessaires à cet effet (1). Par les soins de cette commission, en même temps qu'un choix avait été fait parmi les travaux exécutés directement sous les ordres du ministre des travaux publics et sur les fonds du Trésor, par les ingénieurs de l'État, des appels avaient été adressés au ministère de la marine et des colonies, à l'administration municipale de la ville de Paris et aux grandes compa-

---

(1) Cette commission était composée des personnes ci-après désignées :

MM. de Boureuille, conseiller d'État, secrétaire général du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics ; *président ;*

de Franqueville, conseiller d'État, directeur général des ponts et chaussées et des chemins de fer ;

Avril, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur de l'École impériale des ponts et chaussées ;

Combes, inspecteur général des mines, directeur de l'École impériale des mines ;

Challot, chef de la division des routes et ponts au ministère des travaux publics ;

Cavalier, ingénieur en chef des ponts et chaussées, inspecteur de l'École impériale des ponts et chaussées ; *secrétaire ;*

Mangon, Baron, Baude, } ingénieurs des ponts et chaussées, professeurs adjoints à l'École impériale des ponts et chaussées ; *adjoints au secrétaire.*

gnies concessionnaires de chemins de fer; et il avait été répondu à ces divers appels. Pour compléter son œuvre, cette commission avait, à bon droit, jugé utile qu'à chaque objet exposé fût jointe une notice donnant en termes concis les éclaircissements que des modèles en relief ou des dessins ne peuvent fournir; et le recueil de ces notices, coordonnées et colligées par le secrétaire de la commission et par ses adjoints, sur des mémoires fournis par les auteurs mêmes des travaux, avait été imprimé. Ce recueil, libéralement distribué, a singulièrement facilité l'intelligence des mérites de genres divers par lesquels se distinguent les ouvrages composant la collection réunie par les soins du ministère des travaux publics, et a contribué au très-grand succès qu'a obtenu cette partie de la division française de la présente Exposition.

Quoique moins fournie et, par cela même, peu en rapport à quelques égards avec l'activité des travaux publics en Angleterre, la division anglaise présente des ouvrages du plus haut intérêt. L'Autriche, la Prusse, la Bavière, exposent des travaux d'art importants. On ne peut s'étonner que, dans les circonstances si douloureuses où ils se trouvent, les États-Unis n'aient fait aucun envoi. Mais il y a lieu de regretter que rien ne représente, à l'Exposition, deux entreprises qui sont d'un intérêt universel : le percement du mont Cenis et le percement de l'isthme de Suez.

Il nous a paru que la meilleure marche, nous dirions volontiers la seule, que nous pussions adopter, pour faire connaître avec netteté l'état présent et les tendances progressives de l'art de la construction des travaux publics en France et à l'étranger, était de prendre pour point de départ et pour base du rapport que nous avions à faire, une description succincte, mais fidèle et suffisamment complète, des dispositions essentielles de chacun des ouvrages compris dans la collection réunie par les soins du ministère des travaux publics de France : cette partie de notre tâche se trouvait pré-

parée par le *Recueil des notices* que nous avons mentionné ci-dessus. A la suite des résumés descriptifs des ouvrages français, nous placerons des indications analogues sur les principaux ouvrages étrangers. Nous terminerons notre rapport par des observations d'ensemble sur les plus notables progrès réalisés depuis dix ans, et sur les tendances qu'ils dénotent dans l'art de l'exécution des grands travaux publics.

CHAPITRE PREMIER.

TRAVAUX EXÉCUTÉS EN FRANCE.

§ Ier. — Ponts et viaducs.

Pont tournant en tôle, construit à Brest, sur la Penfeld. — Ce pont établit, entre les deux villes de Brest et de Recouvrance séparées par la Penfeld, qui, comme on le sait, forme, en ce point, le port militaire de Brest, une communication pour voitures et piétons, de 7m,20 de largeur, placée à une hauteur de 29 mètres au-dessus du zéro de l'échelle des marées. L'intervalle entre les parements des culées est de 174 mètres. Cet intervalle est réparti entre trois ouvertures : l'une centrale, d'environ 106 mètres, correspondant à la largeur totale du lit de la Penfeld, et comprise entre deux piles formées de tours rondes en maçonnerie de 10m,60 de diamètre; les autres latérales, chacune de 23 mètres, correspondant aux quais du port. Deux volées de pont tournant, en métal, installées sur les piles, couvrent tout l'espace de 174 mètres, de l'une à l'autre culée. En élévation, la partie de chaque volée comprise entre la culée et la pile, qui constitue la culasse, est de forme rectangulaire, a 7m,72 de hauteur, et laisse un passage libre de 13 mètres de hauteur entre elle et le quai ; la partie comprise entre la pile et le milieu du pont est en forme de trapèze, a 7m,72 de

hauteur à l'aplomb du parement extérieur de la pile, et 1m,40 à l'extrémité de la volée, et laisse, entre le dessous des fermes et le niveau des plus hautes mers, un passage libre de 13 mètres près des parements des piles, et de 19m,50 au milieu du chenal.

Les deux volées sont constituées de manière à ne pas s'arcbouter l'une contre l'autre, au point où elles se raccordent au milieu du pont; chacune d'elles est indépendante, et se comporte, entre la culée et la pile, comme une pièce posée sur deux appuis, et, entre la pile et le milieu du pont, comme la portion libre et en saillie d'une pièce encastrée sur le restant de sa longueur.

Chaque volée est essentiellement formée de deux poutres, comprenant chacune deux longerons, un supérieur, un inférieur, en forme de T dans la coupe, et des montants et croix de Saint-André intermédiaires; contreventées et reliées entre elles perpendiculairement aux plans de tête, d'une part, au droit de chaque montant, d'autre part, suivant le plan d'intrados déterminé par les longerons inférieurs, au moyen d'entretoises et de croix de Saint-André. La rigidité, dans le sens transversal à la longueur des volées, est complétée par le plancher formé de deux couches de madriers superposés à joints croisés. A l'extrémité de la culasse, est une caisse contenant un massif de maçonnerie qui fait contre-poids à la partie antérieure de la volée. Une tour cylindrique en tôle de 9 mètres de diamètre, fortement armée et contreventée, et munie de plates-formes haut et bas, traverse et consolide la volée dans toute sa hauteur, à l'aplomb de la pile, et compose un massif, en rapport à la fois avec les poutres et avec les couronnes de roulement, qui assure la rigidité de la masse roulante et la convenable répartition de la charge sur les surfaces de roulement.

Le système des couronnes de roulement est, en principe, le même que celui des plaques tournantes de chemin de fer, avec cette particularité que les génératrices supérieures des

rouleaux coniques, suivant lesquelles s'effectue le contact avec la couronne inférieure de la volée, sont toutes dans un même plan horizontal. Comme, d'ailleurs, il s'agissait d'un diamètre de 9 mètres et d'une charge d'environ 800,000 kilogrammes, il a fallu arriver à des dimensions relativement considérables pour chaque détail. Les galets sont au nombre de cinquante ; leur diamètre moyen est de 0m,50 et leur longueur de 0m,60. Les couronnes ont été tournées, sur leurs faces haute et basse, avec un soin exceptionnel.

La partie dormante des couronnes de rotation porte, à sa circonférence extérieure, des dents d'engrenage mises en rapport, par l'intermédiaire d'un système de roues dentées fixé à la couronne de rotation mobile, avec un croisillon armé de barres de cabestan, qui surmonte la chaussée du pont. C'est à ces barres que sont appliqués les hommes de manœuvre, lorsqu'il s'agit d'ouvrir et de fermer le pont. Quand le pont est en place, le croisillon s'abat sous le tablier, de manière à ne point gêner la circulation. Par un temps de calme plat, deux hommes, pour chaque volée, opèrent, soit l'ouverture complète du pont, soit sa fermeture, toutes manœuvres comprises, en quinze minutes au plus.

La volée, réduite à son propre poids, a son centre de gravité sur l'axe de rotation. Pour restreindre les limites dans lesquelles le centre de gravité peut se déplacer sous l'action des charges variables, on a constitué, à l'extrémité de la culasse, au moyen de leviers manœuvrés par des verrins, un système d'accrochage exerçant sur la volée un effort de haut en bas de 70,000 kilogrammes. Pour empêcher qu'une inégalité de niveau se produise, au milieu du pont, entre les extrémités des volées, sous l'action d'une répartition inégale des charges mobiles, deux forts verrous horizontaux, de forme conique, manœuvrés également par des verrins, et fixés à l'extrémité d'une des volées, sont, dès que le pont se trouve en place, poussés à une profondeur de 0m,30 ou 0m,40, dans des bagues de forme correspondante adaptées à l'ex-

trémité de l'autre volée. En outre, deux verrins placés sous la volée, en avant de la couronne de rotation, soulagent les galets pendant les temps de fermeture du pont. Chacune des manœuvres d'accrochage ou de mise à hauteur des verrins de support, s'effectue en moins de trois minutes.

Le montage du tablier métallique a été fait sur pont de service, les volées étant établies parallèlement au chenal. Le montage terminé, les volées ont été rapprochées et se sont rencontrées, à quelques centimètres près, au même niveau.

Afin de rendre possible toute espèce de réparation, des dispositions ont été prises pour établir momentanément sur le massif des piles, au-dessous de chaque volée, quatre presses hydrauliques capables chacune de faire un effort de plus de 200,000 kilogrammes. L'eau est foulée simultanément dans ces quatre presses par un seul et même jeu de pompes qui se place au centre de la tour. Ces pompes sont manœuvrées à bras, comme une pompe à incendie. Lors des expériences de réception du pont, la manœuvre a été faite par huit hommes, et le pont s'est soulevé de quelques centimètres au-dessus des galets, en moins de dix minutes. Dans ces conditions, tous les détails du mécanisme de roulement auraient pu se démonter et se replacer sans difficulté.

Le poids des métaux employés à la construction du pont se compose de 860,000 kilogrammes de fers de toutes sortes, et de 340,000 kilogrammes de fontes ajustées. 150 mètres cubes de bois ont été employés dans la chaussée et les trottoirs. La dépense s'est élevée à la somme de 2,119,000 francs, sur laquelle 700,000 francs environ ont été absorbés par les maçonneries des piles et des culées, et par divers ouvrages d'art aux abords du pont.

L'ouvrage entier, maçonnerie et travées en fer, a été exécuté sous la seule responsabilité de MM. Schneider et Ce, du Creusot, mais avec le concours effectif de M. Oudry, auteur du projet, et sous le contrôle de MM. Maitrot de Varennes et

Aumaitre, ingénieurs en chef, et Rousseau, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

Le pont tournant en tôle construit, à Brest, sur la Penfeld, est un travail des plus hardis, unique en son genre. Il a été exécuté avec un plein succès. MM. Cadiat et Oudry ont eu le mérite de la première conception de cet ouvrage. Le projet exécuté, dont le modèle est exposé à Londres et qui vient d'être décrit, appartient en propre à M. Oudry. M. Mathieu, ingénieur en chef de l'usine du Creusot, a, lors des études d'atelier, apporté à diverses dispositions de détail des modifications utiles; mais c'est surtout par la perfection de l'exécution qu'il a puissamment coopéré à la réussite de cette remarquable entreprise.

Pont de Saint-Just, sur l'Ardèche. — Ce pont, établi pour le passage de la route impériale n° 86, a été construit en remplacement d'un pont en pierre qui avait été renversé lors d'une crue de l'Ardèche. Il est formé de six travées métalliques en arc de cercle, ayant chacune 46m,26 d'ouverture et 4m,50 seulement de flèche. La distance totale entre les culées est de 295m,50; la largeur de la voie entre les garde-corps est de 7 mètres.

Toute la charpente métallique des travées est construite exclusivement en fer. Chaque travée comprend cinq fermes, distantes entre elles de 1m,58 d'axe en axe. Chaque ferme a une hauteur de 1m,06 au sommet, et est formée d'un arc inférieur et d'un longeron supérieur, reliés par un système de treillis en croix. L'arc et le longeron ont une section en T; les fers du treillis, une section à doubles cotes. Les branches des croix sont assemblées, à leur rencontre, sur des rondelles circulaires réunies entre elles, dans le plan de chaque ferme, par une barre de tympan qui s'attache à la pile. A leurs extrémités, sur les piles, les longerons correspondants de deux travées consécutives sont liés ensemble par une pièce de jonction, au moyen de mortaises et de clavettes.

Cette pièce de jonction est d'ailleurs agrafée sur la maçonnerie de la pile, et fortement fixée à cette maçonnerie au moyen de boulons. Transversalement à leur longueur, les fermes d'une même travée sont reliées entre elles par six systèmes de contrevents, composés chacun d'entretoises et de croix de Saint-André. Les tympans sont, en outre, solidairement unis, d'une ferme à l'autre, par des entretoises creuses et des boulons, placés au droit des rondelles de jonction. Le tablier est formé par un plancher composé de trois couches de madriers superposés, d'une épaisseur ensemble de $0^m,20$. Une couche de bitume d'asphalte recouvre ce plancher, au-dessus duquel se trouve la chaussée proprement dite. Les garde-corps sont en fer laminé, suivant le type ordinaire du Creusot : montants droits, reliés, haut et bas, par des arcs de cercle et une lisse courante.

Pour opérer l'assemblage et la mise en place des fermes, les constructeurs du pont ont adopté un système nouveau : au lieu d'assembler les fermes debout, dans leur plan de pose, sur des cintres préalablement établis, ils se sont proposé de les dégauchir complétement et de les river à plat, sur des plates-formes horizontales convenablement disposées, pour les redresser ensuite et les porter, tout achevées, à leur place définitive (1). A cet effet, ils ont construit, à terre, tout près de la culée, sur une série de rouleaux, un appareil de levage, composé principalement de deux fermes verticales en charpente, dans le système dit *américain*, ayant chacune 110 mètres de longueur, laissant entre elles un intervalle de 8 à 9 mètres, et reliées ensemble et se contreventant mutuellement, à leurs extrémités, par de forts entretoisements. Sur les cours des longrines supérieure et inférieure

(1) La même pensée a été appliquée, presque en même temps, au pont de Szegedin, en Hongrie ; mais, pour ce pont, les procédés d'exécution, d'ailleurs tout différents, ont été plus compliqués et ont dû être plus coûteux.

de chaque ferme, ont été établis des planchers de 1m,40 et 1m,20 de largeur, destinés à la fois à contreventer la ferme et à constituer des passerelles de service, haut et bas, de chaque côté de l'appareil de levage. Sur chaque plancher supérieur a été placé un cours de rails, pour la direction de chariots-porteurs d'une largeur entre roues égale à l'intervalle des axes des deux fermes, supportant eux-mêmes des treuils à roulettes, mobiles dans le sens de l'axe des chariots. D'autre part, les culées et les piles ont été enveloppées chacune d'une charpente légère, sur laquelle ont été posés des rouleaux correspondant au-dessous des longrines inférieures. Le tout étant ainsi préparé, l'appareil a été, au moyen de cordages, tiré en avant jusqu'à ce que son extrémité portât sur la première pile : il recouvrait ainsi une travée et s'étendait sur la culée pour le reste de sa longueur. C'est dans cette dernière partie que se construisirent alors les fermes de la première travée. Au fur et à mesure que chacune d'elles se terminait, les treuils la saisissaient toute faite, la redressaient, l'avançaient suspendue dans le vide de la première travée, et la laissaient descendre jusqu'à sa position définitive. Les monteurs se servaient ensuite des fermes déjà établies, de même que des poutres du pont roulant, pour suspendre tous les échafaudages dont ils avaient besoin, à l'effet de poser les entretoises, les contreventements, et tous les détails secondaires de la travée.

Lorsqu'une travée s'est trouvée achevée et recouverte de son plancher, l'appareil de levage a été halé sur le vide de la travée suivante, et l'assemblage des fers de celle-ci s'est fait sur la partie déjà montée.

La dépense totale des travaux s'est élevée à la somme de 968,000 francs, comprenant 275,000 fr. pour les maçonneries des culées et des piles, et 693,000 fr. pour les travées.

Le pont de Saint-Just a été exécuté suivant un plan d'ensemble fourni à MM. Schneider et Cie par l'administration des ponts et chaussées, et dressé par M. l'ingénieur Oudry.

Toutes les études relatives aux détails de la construction et aux procédés de montage, sont dues exclusivement à l'usine du Creusot, dont M. Mathieu est l'ingénieur en chef. Tous les métaux ont été fabriqués et ajustés dans les forges et chantiers du Creusot. Le travail a été fait sous le contrôle de MM. Joly, ingénieur en chef, et Vigouroux, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

Ce qu'il y a lieu de remarquer spécialement dans l'exécution du pont de Saint-Just, c'est le procédé de levage, que, pour ce motif, il nous a paru nécessaire de décrire avec quelques détails. Ainsi que l'a fait justement observer M. Mathieu, dans une note sur ce sujet, les arcs en fer, comme les poutres en tôle ou en treillis, arrivent sur les lieux de pose en fragments qui, pris isolément, n'ont pas de consistance lors du montage : il faut enchevêtrer ces fragments les uns dans les autres, puis les river ensemble, et l'ouvrage ne devient rigide qu'au moment où ces opérations sont terminées. Il suit de là que, pour pouvoir être employée comme base d'établissement des parties à monter, la charpente de service doit, non-seulement offrir des appuis très-solides et parfaitement dégauchis, mais, en outre, permettre l'accès sous les pièces pour le travail du rivetage. Les cintres en bois ne se prêtent pas facilement à ces conditions, et donnent lieu, par suite, à des travaux de précision et à des frais d'établissement considérables.

Dans le cas particulier du pont de Saint-Just, une autre difficulté se présentait : en temps de crue, l'Ardèche devient subitement un torrent débitant d'énormes masses d'eau, à l'action desquelles bien peu de travaux provisoires seraient en état de résister. Des échafaudages établis dans le lit de la rivière auraient donc couru le risque d'être renversés, et d'entraîner dans leur chute les parties du pont en cours de montage. L'ingénieux système de levage imaginé par M. Mathieu ne pouvait donc recevoir une plus utile et plus judicieuse application.

Pont de Kehl, sur le Rhin. — Système de fondation au moyen de l'air comprimé. — Le pont construit à Kehl, sur le Rhin, pour la jonction des chemins de fer français aux chemins de fer badois, a été établi conformément à une convention internationale, qui a chargé les ingénieurs français du réseau de l'Est de l'exécution des piles et culées, et les ingénieurs du gouvernement grand-ducal badois, de la superstructure.

Le pont présente cinq ouvertures, savoir : dans la partie centrale, trois travées fixes, chacune de 56 mètres; et aux extrémités, sur chaque rive, une travée mobile, offrant à la navigation une passe libre de 26 mètres. Y compris les épaisseurs des piles, la longueur totale du pont, d'une culée à l'autre, est de 235 mètres. Les travées fixes sont principalement formées de trois poutres ou fermes en treillis de tôle, de 6 mètres de hauteur, reliées et contreventées par le haut, et supportant, à leur partie inférieure, des pièces de pont, sur lesquelles reposent, entre les fermes, les deux voies du chemin de fer, et extérieurement, de chaque côté, des passerelles de 1^{m},50 pour les piétons. Chacune des passes navigables est couverte par la volée libre d'un pont tournant en tôle, symétrique par rapport à l'axe de rotation, et principalement composé de trois fermes métalliques, de la forme dite *bow-strings*, ayant, de l'une de leurs extrémités à l'autre, une longueur totale de 64 mètres. La largeur du pont est de 12 mètres entre les garde-corps des passerelles de piétons. Les travaux de la superstructure du pont ont été exécutés, sous la direction spéciale de l'administration des ponts et chaussées du grand-duché de Bade, par MM. l'ingénieur en chef Keller et l'ingénieur ordinaire de Kageneck. MM. Benkiser, entrepreneurs, chargés à leurs frais, risques et périls, de la mise en place des travées fixes, ont exécuté cette opération en faisant rouler l'ensemble des trois travées tout d'une pièce (177 mètres de longueur, — 1,200,000 kilogrammes), de la rive où elles avaient été

montées et assemblées jusqu'à la position qu'elles occupent sur les piles (1).

C'est par le système de construction qui a été employé pour la fondation de ses piles, que le pont de Kehl mérite tout spécialement de fixer l'attention.

Les quatre piles sont en maçonnerie. Chacune d'elles a été fondée et construite au moyen d'un ensemble de caissons, disposés comme il va être dit, juxtaposés, descendant ensemble et solidairement, et s'enfonçant de plus en plus profondément dans le sol de fondation au fur et à mesure que s'élevaient au-dessus les maçonneries de la pile. Dans chacune des deux piles intermédiaires, qui se trouvent par là avoir à leur base de fondation 17m,60 de longueur et 7 mètres de largeur, il a été employé trois caissons ; dans chacune des piles-culées, qui ont à la base 23m,50 de longueur et 7 mètres de largeur, il en a été employé quatre.

Chacun des caissons partiels était une sorte de cloche, de section rectangulaire, en tôle, fortement armée et consolidée à l'intérieur, de 7 mètres sur 5m,80 en plan et de 3m,67 de hauteur, ouverte par le bas, hermétiquement close sur ses faces verticales et sur son plan supérieur; et surmontée de trois cheminées en tôle, rivées à la calotte de la cloche, formées d'anneaux tubulaires superposés, et allongées au fur et à mesure de la descente des caissons, de telle sorte que leur sommet dépassât toujours d'une quantité suffisante le niveau des eaux de la rivière. Deux des cheminées, symétriquement disposées, à gauche et à droite de la troisième, dans le sens de la plus grande dimension du caisson, avaient 1 mètre de diamètre; elles pouvaient être fermées

(1) Dans cette opération, l'étendue du porte-à-faux de la partie antérieure du tablier, pendant le passage au-dessus des vides compris entre les piles, s'est trouvée considérablement réduite, au moyen des points d'appui qu'on a pris sur les échafaudages établis pour la construction des piles, et sur d'autres échafaudages intermédiaires construits *ad hoc*.

hermétiquement par le bas et par le haut, et étaient destinées à être, pendant les progrès du travail, coiffées, à tour de rôle, d'un sas à air, chambre en tôle entièrement close, mais munie d'ouvertures à clapet se manœuvrant alternativement comme les portes d'une écluse, et permettant de mettre à volonté le sas en communication, soit avec la cheminée, soit avec l'extérieur. La cheminée centrale était à base elliptique de 1m,50 sur 2m,25; elle descendait à travers la cloche, jusqu'à 0m,30 en contre-bas des arêtes inférieures des plans latéraux de la cloche, et restait ouverte à l'air ou à l'eau dans toute sa hauteur : une drague à hottes s'y trouvait verticalement installée (1).

On conçoit qu'un appareil ainsi disposé se trouvant descendu sur le fond du lit d'une rivière, on puisse facilement, en mettant en jeu des moyens mécaniques extérieurs, comprimer l'air dans celle des cheminées latérales qui porte le sas à air, et par cela même dans l'intérieur de la cloche; pousser cette compression au degré nécessaire pour refouler l'eau jusqu'à l'affleurement des bords inférieurs de la cloche, et mettre ainsi des ouvriers, introduits par le sas à air et ensuite installés sur de petits planchers volants dans l'intérieur de la cloche, en mesure de déblayer le sol et de faire disparaître les obstacles qui pourraient s'opposer à la descente de l'appareil. On conçoit, de plus, que l'enlèvement des déblais soit rendu singulièrement facile, rapide et économique, par la disposition de la cheminée centrale, puisqu'il suffit aux ouvriers placés dans l'air comprimé de la cloche, de pousser les matières à extraire, dans le puisard central auquel vient aboutir la drague, pour que ces matières soient enlevées par la machine dans les conditions ordinaires du travail à air libre.

Comme on l'a dit, trois ou quatre caissons de ce genre, selon qu'il s'agissait d'une pile intermédiaire ou d'une pile-

(1) Le poids d'un caisson ainsi constitué dépassait 37,000 kilogrammes

culée, juxtaposés suivant la plus longue de leurs faces latérales et rivés ensemble à même hauteur (1), constituaient la base sur laquelle a été construite chacune des piles du pont de Kehl. Pour chaque pile, les caissons qui devaient y être employés étaient montés, munis des parties fixes de leurs cheminées, sur un plancher provisoire établi à la partie inférieure de l'échafaudage, exactement au-dessus de l'emplacement qu'ils devaient définitivement occuper. A chacun des quatre angles de chacun des caissons, étaient adaptées deux barres de suspension destinées à régler la descente de la masse, et se manœuvrant par des verrins fixés à des traverses supérieures de l'échafaudage (2). Quand tout était disposé, on faisait porter la charge sur les verrins, on enlevait le plancher ayant servi au montage, et l'on commençait la descente. Selon qu'il y avait lieu, on pouvait exécuter ou non les premières assises des maçonneries de la pile au-dessus de la calotte des caissons, avant que les arêtes inférieures des caissons eussent atteint le fond du lit de la rivière; mais, dans tous les cas, les dispositions étaient prises de telle manière que les maçonneries pussent toujours s'établir à sec (3).

---

(1) Pour les piles intermédiaires, qui ont été exécutées les dernières, il a été pratiqué des ouvertures dans les parois de juxtaposition des caissons partiels, afin que les ouvriers et les surveillants pussent passer directement d'un caisson dans l'autre. Il devenait clair, dès lors, qu'il était possible de réduire le nombre des cheminées à air de chaque pile, et de simplifier la construction intérieure des ensembles de caissons.

(2) Les barres jumelées étaient destinées à agir alternativement. Chaque verrin était en état de porter 15,000 kilogrammes. Les douze ou seize verrins appelés à fonctionner simultanément étaient donc capables de supporter 160,000 ou 200,000 kilogrammes.

(3) Lors de la construction de la première pile (pile-culée française), on avait cru utile d'élever, au-dessus et à l'aplomb des quatre faces extérieures de l'ensemble des caissons, une enveloppe d'enceinte en charpente et madriers, avec revêtement extérieur en tôle et étrésillons intérieurs, s'exhaussant progressivement au fur et à mesure de l'enfoncement de tout le système; dans le double but de faciliter la pénétration de la masse dans le sol de fondation, et de constituer un batardeau pour l'établisse-



Dès que le fond de la rivière était atteint, on faisait marcher de front le déblai dans les chambres des caissons et l'exécution des maçonneries (1). La pile arrivée à profondeur, on remplissait de béton les chambres des caissons ; on réintroduisait l'eau dans les cheminées latérales ; on faisait démonter par des ouvriers revêtus de scaphandres, et on enlevait les anneaux composant ces cheminées ; on démontait de la même manière le tubage des cheminées centrales (2), et on remplissait enfin, par du béton immergé d'après les procédés ordinaires, les vides des cheminées dans toute leur hauteur. Arrivés à ce point, les travaux d'achèvement des piles ne pouvaient présenter de difficultés.

Le fond du lit du Rhin est composé de gravier jusqu'à des profondeurs que ne sauraient atteindre des travaux de fondation. Les eaux du fleuve ont, dans le thalweg, une vitesse qui, en certains cas, n'est pas inférieure à 4 mètres par se-

---

ment à sec des maçonneries de la pile. L'expérience ayant démontré que ces dispositions avaient eu plus d'inconvéniens que d'avantages, on a, lors de la construction de la seconde pile (pile-culée badoise), réduit la hauteur de l'enveloppe exactement à la proportion nécessaire pour mettre le plan supérieur des maçonneries déjà faites, à l'abri de la submersion, au moment où, pour ne pas trop charger les verrins, il deviendrait indispensable de laisser reposer le bas des caissons sur le fond du lit de la rivière. Pour les piles intermédiaires, où l'on s'établissait dans de moindres profondeurs d'eau, toute enveloppe d'enceinte a été supprimée, et l'on s'est contenté de parementer toute la maçonnerie en libages ou en moellons smillés de grès des Vosges.

(1) Dès ce moment aussi, on lestait et on renforçait les caissons, en construisant dans leur intérieur, à partir de semelles horizontales en charpente arc-boutées entre les fers à T des contre-forts, des voûtes en briques ourdées en ciment romain, remplissant leurs angles et soutenant leur plafond. Pour chaque caisson partiel le volume de ces voûtes a atteint 49 mètres cubes, ce qui constituait un poids de 83,000 kilogrammes.

(2) Dans les trois dernières piles, le revêtement en tôle des cheminées centrales a été supprimé, à partir d'une petite hauteur au-dessus de la calotte des caissons ; les anneaux de tôle ont été simplement remplacés par un revêtement en briques posées de champ et ourdées en ciment romain.

conde. Des documents indiquaient que, dans des crues, il s'était opéré, devant Kehl, des affouillements d'une profondeur de 17 mètres au-dessous de l'étiage. Il y avait donc de sérieuses précautions à prendre pour l'établissement du pont : les fondations des piles ont été descendues à 20 mètres en contre-bas des plus basses eaux connues.

Le tableau ci-après fournit des indications relatives à la marche plus ou moins rapide du fonçage des caissons pour chacune des piles.

RELEVÉ DU JOURNAL DE FONÇAGE DES PILES DU PONT DE KEHL.

DÉSIGNATION DES PILES.	INDICATION de la DURÉE DE L'OPÉRATION.	NOMBRE DE JOURNÉES			NOMBRE d'heures de travail par jour.	ENFONCEMENT des CAISSONS	
		TOTAL.	de chômage	de travail effectif.		par heure de travail.	par journée.
Pile-culée de la rive française.........	22 mars au 28 mai..	68 journées et 2 nuits...	15	55	16	0m,0209	0m,334
Pile-culée de la rive badoise..........	9 août au 18 sept^bre.	36 journées..	5	31	11	0m,0470	0m,517
Pile intermédiaire de la rive française.	16 oct^bre au 16 nov^bre.	31 journées..	6	25	10.56	0m,0760	0m,802
Pile intermédiaire de la rive badoise. .	26 nov^bre au 24 déc^bre.	28 journées..	4	24	11.08	0m,0750	0m,825

L'exécution des quatre piles ensemble a coûté 2 millions 865,000 francs; la superstructure a coûté 1,750,000 francs. La dépense totale s'est élevée à 7,100,000 francs.

Le système employé pour la fondation des piles du pont du Rhin renferme plusieurs dispositions nouvelles, ingénieuses et fécondes. Le mérite de l'invention de ces dispositions appartient, sans conteste, à M. Fleur Saint-Denis, ingénieur des ponts et chaussées, chargé par la Compagnie des chemins de fer de l'Est de la construction du pont de Kehl; homme d'une remarquable intelligence, qu'une mort bien prématurée a fait disparaître peu de temps après l'achèvement de ce grand travail. Mais la mise à exécution du projet de M. Fleur Saint-Denis impliquait, par la nature même des dispositions de ce projet et par la solidarité qui liait en cette affaire la Compagnie de l'Est et le gouvernement badois, une responsabilité des plus sérieuses. Cette responsabilité a été acceptée, pour une forte part, par l'ingénieur en chef des chemins de fer de l'Est, M. Vuigner, qui a dû nécessairement intervenir dans la réalisation de l'entreprise. Il est juste que les noms de MM. Fleur Saint-Denis et Vuigner restent associés dans l'honneur du succès comme ils l'ont été dans l'accomplissement de l'œuvre.

Pont en tôle, sur la Garonne, à Bordeaux. — Fondation tubulaire. — Ce pont, exécuté par les ingénieurs de la Compagnie des chemins de fer du Midi pour la jonction des réseaux d'Orléans et du Midi, a une longueur de 500 mètres entre les culées. Il est suivi d'un viaduc à travées métalliques de 135 mètres de longueur, établi au-dessus des cales et des quais du port de Bordeaux. L'ouverture de 500 mètres est divisée en sept travées : cinq travées centrales, ayant chacune $77^{m},50$, d'axe en axe des piles, et deux travées de rive, chacune de $56^{m},25$. Les culées sont en maçonnerie, et fondées, celle de la rive gauche, sur caisson foncé échoué sur des pieux battus au refus; celle de la rive droite, sur

pieux et grillage. Chaque pile est constituée par deux tubes en fonte, de 3^m,60 de diamètre, espacés de 8 mètres d'axe en axe, et remplis de béton.

La superstructure du pont est en tôle. Elle se compose principalement de deux poutres ou fermes, correspondant chacune à la file des tubes d'amont ou d'aval. Chaque poutre a 6^m,35 de hauteur et comprend : deux cours de longerons horizontaux, l'un inférieur, l'autre supérieur ; une série de montants verticaux, espacés de 3^m,57 l'un de l'autre, et de grandes croix de Saint-André, une par chaque intervalle de montants. Les deux poutres sont reliées entre elles, au droit de chaque montant, par une pièce de pont inférieure et par une entretoise supérieure, qui, rattachées aux longerons et aux montants par des cornières et des goussets, constituent, avec les montants, de 3^m,57 en 3^m,57, des cadres rectangulaires transversaux d'une grande rigidité. Le contreventement est complété, à la partie inférieure, par toutes les pièces du tablier, sur lequel sont établies les voies de fer, et, à la partie supérieure, par des bandes de fer plat, l'une parallèle aux plans des poutres maintenant l'écartement des milieux des entretoises supérieures, les autres se croisant suivant des diagonales, de manière à rattacher les angles supérieurs des cadres de deux en deux. La section des montants et des croix de Saint-André est un double T ayant, entre les branches, un écartement de 0^m,56 ; les branches du double T sont placées dans les plans verticaux des faces de chaque poutre. Les cours de longerons sont constitués, haut et bas, par des moises doubles formées de feuilles de tôle de 85 millimètres de largeur et de 0^m,012 d'épaisseur, embrassant et fixant les abouts des montants et des croix de Saint-André, et respectivement attachées elles-mêmes par des doubles cornières aux tables supérieures et inférieures de la poutre. Ainsi composée, chaque poutre constitue, dans son ensemble, une sorte de coffre de 0^m,56 d'épaisseur, de 6^m,35 de hauteur et de 500 mètres de longueur, largement ouvert

par une série de grands évidements à encadrements réguliers; et la superstructure entière, une galerie de section rectangulaire, de 5 mètres de hauteur au minimum et de 7m,60 de largeur libre, offrant, dans son plafond comme sur ses côtés, de larges passages à la lumière et à l'air. Cette charpente métallique repose, au moyen de glissières, sur les culées et sur les quatre piles les plus rapprochées des rives, et, sans interposition de glissières, sur les deux piles centrales.

Pour l'établissement des appuis intermédiaires, il fallait, d'une part, modifier le moins possible l'état du régime du fleuve, et, d'autre part, aller chercher une assiette solide à 2 mètres au moins de profondeur dans la couche de gravier résistant qui se trouve au-dessous du sable vaseux, c'est-à-dire descendre la fondation de plusieurs piles jusqu'à 18 mètres au-dessous du niveau des basses mers et 24 mètres au-dessous du niveau des plus hautes mers. Dans de telles conditions, il y avait lieu de prendre, comme on l'a fait, pour appuis intermédiaires, des colonnes tubulaires d'un fort diamètre, réduites au plus petit nombre possible.

Chaque pile a été constituée par deux colonnes tubulaires de 3m,60 de diamètre, composées d'anneaux de 1m,05 de hauteur et de 0m,04 d'épaisseur, superposés et boulonnés de l'un à l'autre. De leur base d'établissement à leur sommet arasé à 8 mètres au-dessus du niveau des basses eaux, la hauteur des colonnes s'est trouvée être, au minimum, de 20 mètres, et, au maximum, de 26 mètres.

Ces colonnes tubulaires ont été mises à profondeur par un déblai à sec à l'intérieur des tubes au moyen de l'air comprimé refoulant l'eau, suivant le procédé Triger. Cette méthode, antérieurement employée dans la fondation d'un certain nombre de ponts, a reçu, dans son application au pont de Bordeaux, des modifications qui constituent des perfectionnements notables.

Le sas à air a été formé dans le tube même, au moyen de deux plates-formes en tôle, boulonnées sur des nervures

intérieures du tube, et munies de portes établissant à volonté la communication avec l'intérieur du tube ou avec l'extérieur. Il suffisait de déplacer ces plates-formes pour remonter le sas à air au fur et à mesure de l'enfoncement du tube. Le contre-poids ne reposait point directement sur le tube: il était porté par l'échafaudage, et n'agissait sur un joug coiffant le sommet du tube que par l'intermédiaire de presses hydrauliques interposées. Loin d'opérer par le procédé *de la rentrée des terres*, on prenait tous les soins pour qu'aucun des effets inhérents à ce procédé ne pût se produire : par intervalles, on laissait diminuer graduellement et avec lenteur la compression de l'air dans le tube, de façon à ne déterminer aucune rentrée subite de l'eau; puis, quand la pression se trouvait suffisamment réduite, on exerçait par les presses tout l'effort que permettait l'importance du contre-poids, de manière à produire en une seule fois le plus grand enfoncement possible. Après quoi, on installait à nouveau les appareils accessoires et les tringles d'accrochage, on chassait l'eau et l'on recommençait le déblai.

Deux autres modifications, qui ne sont pas sans importance au point de vue de l'économie et de la rapidité d'exécution, ont été introduites à Bordeaux dans le mode d'extraction des déblais. Le montage des déblais dans la chambre d'équilibre s'y opérait par moteur mécanique, au moyen d'un arbre de couche introduit dans cette chambre, à travers des boîtes à étoupes, et mis en mouvement par une machine à vapeur locomobile fonctionnant extérieurement. Quand la chambre d'équilibre se trouvait suffisamment remplie par les bennes dans lesquelles se montaient les déblais, on fermait la porte de cette chambre communiquant avec l'intérieur du tube, on mettait l'air de la chambre en équilibre avec l'air extérieur, on ouvrait une porte ménagée latéralement dans la paroi d'un des anneaux du tube, et, par cette porte, au moyen d'un couloir en tôle, on versait directement les déblais dans les barques qui devaient les emporter. Grâce à

ces procédés, on a pu extraire jusqu'à 26m,50 de déblais par vingt-quatre heures, ce qui correspondait à une descente du tube de 2m,50 dans le même laps de temps.

Le tube no 1 de la pile no 3 a été mis à profondeur par les anciens procédés, l'installation des procédés nouveaux n'étant pas encore prête : l'opération a duré cinquante-trois jours. Les onze autres tubes, auxquels ont été appliqués les procédés dont on vient de donner la description sommaire, quoique ayant pris, pour la plupart, des fiches pneumatiques plus considérables, ont été mis à profondeur en un temps qui a varié, en général, entre neuf et douze jours, ainsi que le montre le tableau suivant.

RELEVÉ DU JOURNAL DE FONÇAGE DES PILES DU PONT DE BORDEAUX.

DÉSIGNATION DES TUBES.		COMMENCEMENT du FONÇAGE.	FIN DU FONÇAGE.	NOMBRE de JOURS employés. (1)	ENFONCEMENT dans LE SOL.	VITESSE d'enfoncement par JOUR.	CUBE EXTRAIT.
					m.	m.	m. c.
Pile 3.....	Tube 2......	19 avril 1859.	2 mai 1859.	11	10,40	0,80	108,489
Pile 2.....	Tube 1.....	20 mai.	4 juin.	11	7,80	0,49	75,089
	Tube 2.....	18 juin.	27 juin.	10	7,90	0,79	78,168
Pile 1.....	Tube 1.....	21 juillet.	31 juillet.	11	7,52	0,68	80,467
	Tube 2......	29 août.	6 septembre.	9	7,90	0,88	73,948
Pile 4.....	Tube 1......	24 octobre.	15 novembre.	12	13,69	0,62	160,056
	Tube 2.....	6 décembre.	13 janvier 1860.	15	12,90	0,33	172,883
Pile 5.....	Tube 1......	8 mars 1860.	17 mars.	8,5	15,52	1,11	164,242
	Tube 2......	23 mars.	5 avril.	9	15,70	1,12	166,383
Pile 6.....	Tube 1......	17 avril.	2 mai.	9,5	17,03	1,13	166,859
	Tube 2......	8 mai	20 mai.	9	15,84	1,32	159,475

(1) La colonne 4 indique le nombre de jours effectivement employés à l'opération de descente de chaque tube. En déduisant du nombre de jours compris entre les dates des colonnes 2 et 3, le nombre correspondant de la colonne 4, on connaîtra le nombre des jours perdus pour cause de réparations ou autres causes quelconques.

La dépense d'exécution des six piles (douze tubes) a été, tout compris, de 695,000 francs, soit, pour chaque tube, 57,890 francs. La superstructure métallique pèse 2,950,000 kilogrammes; elle a coûté 1,950,000 francs; d'où se déduisent, un poids de 5,900 kilogrammes et une dépense de 3,856 francs, par mètre courant. La dépense totale du pont a été de 2,994,000 francs : le prix de revient total a donc été, par mètre courant, de 5,988 francs.

L'important ouvrage qui vient d'être décrit se distingue par ses dispositions hardies, simples et économiques. La conception de ces dispositions appartient en propre à feu M. Alfred Bommart, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de la construction des chemins de fer du Midi (1).

Pour l'exécution, M. Bommart a eu deux collaborateurs intelligents et habiles, MM. de la Roche-Tolay, ingénieur principal, et Regnault, ingénieur ordinaire, qui ont étudié les détails des projets et suivi les travaux jusqu'à leur complet achèvement.

Le mérite des perfectionnements introduits dans les procédés de fondation doit être reporté à la Compagnie générale du matériel des chemins de fer, Pauwels et Ce, représentée sur les lieux par MM. Nepveu et Effel; et aussi à MM. Fortin-Hermann et Nepveu, qui ont, les premiers, proposé d'employer, suivant des procédés analogues à ceux dont il a été fait usage à Bordeaux, les presses hydrauliques à l'enfoncement des tubes, dans l'exécution des fondations tubulaires.

Pont Napoléon, à Saint-Sauveur. — Le pont Napoléon, construit pour le passage de la route impériale n° 21, sur le Gave de Pau, à Saint-Sauveur (Hautes-Pyrénées), est formé

(1) M. Alfred Bommart ayant été, à dater du 1er août 1859, appelé à un autre service (direction générale du chemin de fer du Nord de l'Espagne), la direction de ce qui restait à faire a été, à cette époque, confiée à M. Surell, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de l'exploitation du réseau du Midi.

d'une seule arche en maçonnerie de 42 mètres d'ouverture. La chaussée qui couronne cette arche est élevée de 65m,50 au-dessus des basses eaux du gave. La première assise de maçonnerie est élevée de 40 mètres au-dessus du même niveau. La longueur du pont entre les dés est de 66m,20. Sa largeur entre les faces extérieures des tympans est de 4m,90. La voie charretière, de 4m,50 de largeur, est comprise entre deux trottoirs de 0m,85 chacun, placés en grande partie en encorbellement et soutenus par des consoles. La voûte est établie suivant un arc de cercle de 42 mètres de corde et 24 mètres de flèche. Elle a une épaisseur de 1m,45 à la clef. La dépense, y compris tous les travaux accessoires, et spécialement les frais de cintres et d'échafaudages, s'est élevée à la somme de 318,636 fr. 97 c.

Ce pont, qui est d'un heureux effet, présentait d'assez grandes difficultés d'exécution en raison de la disposition des lieux. Il a été construit sous la direction de M. Marx, ingénieur en chef, par M. Bruniquel, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

Viaduc de Chaumont. — Ce viaduc, au moyen duquel les chemins de fer de Saint-Dizier à Gray et de Paris à Mulhouse franchissent la vallée de la Suize, commence à 1,000 mètres au-delà de l'origine de la section de chemin de fer commune à ces deux lignes, et se termine à 500 mètres en deçà de la gare de Chaumont. Il a 600 mètres de longueur et 53m,20 de hauteur au-dessus du point le plus déprimé de la vallée. A part le garde-corps en fonte qui lui sert de couronnement, il est entièrement en maçonnerie.

Il comprend cinquante arcades, divisées par des piles-culées en dix travées de cinq arcades chacune. Chaque arcade est fermée, à la partie supérieure, par une voûte en plein cintre de 9m,95 d'ouverture et de 8m,10 de longueur de douelle, supportant directement le ballast sur lequel reposent les voies du chemin de fer. Deux cordons, l'un à

15 mètres, l'autre à 30 mètres au-dessous du couronnement, divisent en trois la hauteur des piles les plus élevées. Perpendiculairement aux plans de tête du viaduc, ces piles ont un fruit, qui est de 0m,09 pour un mètre de hauteur dans leur partie basse, de 0m,08 dans la partie moyenne, et de 0m,06 seulement, ou même nul, dans la partie supérieure, selon qu'il s'agit des piles-culées ou des piles intermédiaires. Dans le plan d'axe du viaduc, leur épaisseur diminue, à mesure qu'elles s'élèvent, par retraites au niveau des cordons ; les épaisseurs sont, dans les trois hauteurs : pour les piles-culées, de 4m,30, 4m,05 et 3m,80 ; et, pour les autres piles, de 2m,30, 2m,05 et 1m,80 seulement. A la hauteur de chacune des deux retraites, les piles sont contre-boutées de l'une à l'autre, dans le milieu de leur dimension perpendiculaire aux plans de tête, par un cours continu de contre-forts, formés d'arceaux de même rayon que les voûtes supérieures, mais ayant seulement 3 mètres de longueur de douelle. Ces deux cours de contre-forts et le cours des voûtes supérieures donneraient au monument l'aspect d'un viaduc à trois rangs d'arcades superposées, si n'étaient les effets de lumière et d'ombre déterminés par les différences des profondeurs et des positions des faces des voûtes et des arceaux. Au moyen d'ouvertures en plein cintre de 5 mètres d'élévation et de 2m,50 de largeur, ménagées dans les piles, à la hauteur de la plate-forme de chaque cours d'arceaux, on a constitué sur les cours d'arceaux des voies continues. La voie inférieure, située à 30 mètres au-dessous du couronnement du viaduc et à 23 mètres au-dessus du fond de la vallée, a été garnie, de chaque côté, de légers garde-corps, et est devenue un passage de piétons très-utile pour les communications d'un côté à l'autre de la vallée de la Suize.

Le viaduc entier est établi suivant une rampe de 0m,006 par mètre. Le garde-corps, la plinthe, les cordons, les lignes des centres des voûtes supérieures et des deux cours d'arceaux, suivent cette rampe. Pour chaque voûte et pour chaque

arceau, les naissances sont d'ailleurs placées à la même hauteur que le centre. Le viaduc est à culées perdues, c'est-à-dire que les arcades se continuent suivant le même dessin jusqu'à leur pénétration dans les talus à terres coulantes des remblais des abords.

Le projet de ce grand ouvrage a été très-soigneusement étudié en vue d'obtenir à la fois des conditions d'élégance pour la construction et la plus forte réduction possible de la masse des maçonneries. Cette masse s'est néanmoins élevée à 60,000 mètres cubes. Un vingtième seulement de la maçonnerie a été fait en pierre de taille; et c'est par les plus grands soins d'exécution qu'il a été possible de prévenir, comme on y a très-heureusement réussi, tous les inconvénients qui seraient sans cela résultés de l'emploi de petits matériaux superposés dans des massifs ayant 40 et 50 mètres de hauteur.

Il y avait un intérêt considérable à ce que le travail fût exécuté dans un temps très-court : il a été fait en quatorze mois, par deux mille cinq cents ouvriers, dont un tiers seulement se trouvaient à pied d'œuvre. Le prix de revient s'est naturellement ressenti de cette rapidité d'exécution : la dépense s'est élevée à la somme de 5,774,136 francs, comprenant un chiffre de 494,000 francs pour échafaudages et cintres.

Le viaduc de Chaumont est remarquable à plus d'un titre. M. Decomble, ingénieur des ponts et chaussées au service de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, a dressé le projet et dirigé l'exécution de cette œuvre monumentale : feu M. Zeiller, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé en chef de la construction du chemin de Saint-Dizier à Gray, sous les ordres de qui cet ingénieur se trouvait placé, s'est toujours plu à déclarer qu'à M. Decomble revenait le mérite de ce travail, sans s'abstenir néanmoins de faire une part à la coopération qu'avait prêtée M. Gourdin, l'agent sur les lieux des entrepreneurs, MM. Parent et Sacken, par l'habile organisation des chantiers de l'entreprise.

Viaduc de Fribourg. — Système de levage de piles métalliques d'une grande hauteur. — Le viaduc en tôle construit à Fribourg pour le passage du chemin de fer de Lausanne à Fribourg et à la frontière bernoise, franchit la vallée de la Sarine à une hauteur de 76 mètres, mesurée du niveau des rails à l'étiage de la rivière. Sa longueur totale, prise entre les parements extérieurs des culées, est de 329 mètres. Il est divisé en sept travées de $48^m,80$ chacune.

Chaque pile se compose d'un corps supérieur en métal, ayant une hauteur de 44 mètres; et d'une partie inférieure en maçonnerie, fondée sur le terrain solide. Dans les deux piles en rivière, ce soubassement en maçonnerie n'a pas moins de 28 et 30 mètres de hauteur, à partir du plan de fondation.

Le tablier métallique est principalement formé par quatre poutres en treillis, au-dessus desquelles sont placées les traversines qui supportent le plancher et les rails. Ces poutres, qui ont $3^m,92$ de hauteur entre les faces intérieures des tables inférieure et supérieure, sont composées, reliées entre elles et contreventées, suivant les règles les plus ordinaires : fers plats dans les parties travaillant par traction; barres à côtes dans les parties travaillant par compression; espacements des montants et des contrevents dans la longueur de chaque travée, et force des fers en chaque point, réglés suivant les pressions ou les tensions que les divers points auront à supporter sous l'action de la charge. Il n'y a pas à s'étendre ici sur ce sujet.

La partie métallique de chaque pile se compose : 1° d'un châssis en fonte recouvrant toute la face supérieure de la maçonnerie; 2° de douze colonnes creuses en fonte, ayant en section $0^m,18$ de diamètre intérieur, $0^m,24$ de diamètre extérieur, et quatre nervures de $0^m,08$ de saillie; disposées sur trois files de quatre, et écartées de l'une à la suivante, dans le sens des files et dans le sens perpendiculaire, de $3^m,33$ et $3^m,10$ à la base, et de $2^m,09$ et $2^m,09$ au sommet;

s'élevant, à partir du châssis, à 44 mètres de hauteur; 3° d'un entablement en fonte emboîtant le sommet des colonnes ; 4° de cours continus de croix de Saint-André en fer, encadrés dans chaque intervalle, et reliant, de la base au sommet, les quatre colonnes de la file intermédiaire entre elles et avec les quatre colonnes des parties centrales des plans latéraux des piles, c'est-à-dire remplissant tous les intervalles, à l'exception de ceux compris dans les plans des faces ; 5° de dix réseaux de croix de Saint-André, en fer, formant chacun, de 4 mètres en 4 mètres, un contrevent horizontal, et reliant les sommets de chaque étage des tronçons des colonnes ; 6° de lattis en losanges couvrant les quatre faces extérieures de chaque pile.

Le châssis en fonte est lié à la maçonnerie par de forts boulons descendant dans les massifs à une profondeur de 15 mètres. Le pied de chaque colonne est solidement fixé à ce châssis. Les onze étages de tronçons, dans lesquels se subdivise chaque colonne, sont, aux points de superposition, parfaitement emboîtés les uns dans les autres, et maintenus dans une position invariable par les pièces qui les contreventent dans tous les sens.

La maçonnerie des piles a sensiblement la forme d'une pyramide tronquée, avec de faibles pans coupés. Les piles en rivière portent des avant-becs et arrière-becs jusqu'à convenable hauteur. Les maçonneries des piles sont évidées à l'intérieur. Chaque culée est traversée par une arcade de 5 mètres d'ouverture qui donne passage à une route desservant latéralement la vallée. A l'intérieur de l'avant-corps se trouve un escalier qui, partant de la route, aboutit à une passerelle ménagée dans la partie inférieure du tablier, entre les poutres centrales. Cette passerelle offre aux piétons un moyen commode de passage d'une rive à l'autre de la vallée, et donne au service de l'entretien toutes facilités pour accéder aux diverses parties du tablier et des piles. Toutes les maçonneries sont en pierre de taille.

Le tablier repose sur les six piles, sans interposition de rouleaux de friction, les légers mouvements de flexion que peuvent prendre sans inconvénient les piles ayant été jugés suffisants pour permettre l'extension et la contraction des poutres dans les limites que comportent les variations de température du lieu; mais il y a interposition de rouleaux de friction sur chaque culée.

Dans l'exécution du grand ouvrage dont nous venons d'indiquer les dispositions principales, les opérations les plus difficiles et les plus chanceuses étaient, sans contredit, le montage et la mise en place des parties métalliques des piles et du tablier. Après une étude approfondie, les constructeurs se déterminèrent à renoncer à tout échafaudage pour ces opérations. Ils se donnèrent le programme suivant :

Monter le tablier à terre, pour le glisser ensuite sur rouleaux d'une rive à l'autre. — Le tablier une fois construit, sur la rive, dans la longueur de trois travées, le faire avancer en porte-à-faux, au-delà de la culée, de toute la longueur d'une travée; et s'en servir, dans cette position, comme du bras d'une immense grue, de l'extrémité duquel descendraient successivement, pour être manœuvrés et mis en leur place définitive, tous les éléments de la partie métallique de la première pile. Puis, cette première pile élevée à hauteur, s'en servir comme point d'appui pour faire avancer le tablier d'une seconde longueur de travée; construire alors la seconde pile; et établir successivement toutes les piles, de proche en proche, par le même procédé.

Voici comment on réalisa ces combinaisons ingénieuses et hardies.

On fit reposer le tablier, par les plates-bandes inférieures de ses quatre poutres, sur un système de rouleaux de 0m,80 de diamètre, engagés dans des paliers en fonte par des tourillons en fer de 0m,16 de diamètre. On amarra, à l'arrière, en des points inférieurs des poutres, des chaînes qui, passant entre les trois intervalles des poutres, venaient aboutir

à des poulies et à un treuil disposés *ad hoc,* et trouvant leurs points d'appui dans les maçonneries de la culée; puis, au moyen de plus ou moins d'hommes agissant sur le treuil, on mit le tablier en mouvement. La force du tablier avait été, sur l'étendue correspondante aux deux premières travées, réglée de telle sorte, qu'il pût sans fléchir se maintenir en porte-à-faux sur une longueur de 45 à 50 mètres. En outre, un système d'armature — composé de potences élevées au point de passage de la première à la seconde travée, et de chaînes partant du sommet de ces potences et établissant des liaisons solidaires entre ces deux travées — avait été disposé, pour surcroît de garantie contre l'effet des surcharges que pourrait avoir à supporter l'avant pendant les manœuvres de construction des piles. Grâce à ces arrangements, l'avant du tablier fut amené sans difficulté à l'aplomb de l'emplacement de la première pile ; et toutes les pièces élémentaires de la partie métallique de cette pile, successivement descendues à leur place au moyen d'un treuil à doubles freins installé à l'avant du tablier, furent montées et assemblées avec toute facilité, et sans aucun des accidents qu'il pouvait y avoir lieu de craindre dans l'édification de constructions s'élevant à de telles hauteurs.

La première pile montée, on rattacha son sommet, par quatre haubans en fer, à une charpente d'appui, spécialement disposée à cette fin sur la face arrière de l'avant-corps de la culée; puis, on arma le plan supérieur de la pile d'un jeu de quatre rouleaux, logés en lieu et place d'une partie de l'entablement; après quoi, opérant comme on l'avait fait précédemment, on fit avancer le tablier d'un espace correspondant à la seconde travée, et l'on monta la seconde pile. On continua ainsi, de proche en proche, en ayant soin de prolonger, au fur et à mesure, le système des haubans d'une pile à l'autre.

L'opération du halage du tablier n'a exigé, au plus, que seize hommes de manœuvre, et n'a demandé, pour le parcours de

48^m,80, correspondant à chaque longueur de travée, que huit heures de travail.

Il est entré dans la construction du viaduc de Fribourg 20,000 mètres cubes de maçonnerie, 3,150,000 kilogrammes de fer ou fonte, et 385 mètres cubes de bois. Le poids des métaux se décompose ainsi : fers du tablier, 1,200,000 kilogrammes; fers des piles, 650,000 kilogrammes; fontes, 1,300,000 kilogrammes.

La dépense s'est élevée à 2,300,000 francs.

Le viaduc de Fribourg a été construit par les usines du Creusot, suivant un programme fourni par la Compagnie du chemin de fer de Lausanne à Fribourg et à la frontière bernoise, dont MM. Thirion, ingénieur en chef, Jacqmin, et Durbach, ingénieurs des ponts et chaussées, ont été successivement les ingénieurs directeurs. Ce programme déterminait les dimensions générales du viaduc, le nombre des piles et la composition de ces piles, partie en métal, partie en maçonnerie. Toutes les études de détail des parties métalliques, de même que toutes les dispositions à employer pour le levage et la mise en place, sont restées confiées aux usines du Creusot, dont M. Mathieu est l'ingénieur en chef. Les maçonneries ont été exécutées, sous la surveillance spéciale de la Compagnie du chemin de fer, par M. Wirth, entrepreneur de travaux publics à Berne.

Sans entrer dans une appréciation de détails, on peut dire que les dispositions générales du programme donné par la Compagnie du chemin de fer à la Compagnie du Creusot, étaient judicieusement appropriées aux conditions des lieux, et qu'à cet égard une part d'éloges est due à MM. Thirion et Jacqmin. Il paraît constant que l'heureuse inspiration de faire du tablier du viaduc un appareil de levage pour la construction de la partie métallique des piles, était venue à M. Durbach et s'était fait jour dans les conseils de la Compagnie du chemin de fer, dès le début des opérations. Il y a lieu de croire, d'un autre côté, que cette ingénieuse pensée a

été aussi conçue spontanément par M. Mathieu, qui se trouvait naturellement conduit à cet ordre d'idées par les combinaisons qu'il venait d'employer, à des époques toutes récentes, aux ponts de Brest et de Saint-Just. Ce qui est certain, c'est que cette pensée n'a pris un corps et n'est devenue un fait que grâce à la mission périlleuse que M. Mathieu s'est donnée de la réaliser, et aux habiles dispositions qu'il a prises à cet effet avec un plein succès.

Viaduc de Nogent-sur-Marne. (Chemin de fer de Paris à Mulhouse.) — Le viaduc de Nogent-sur-Marne comprend deux ouvrages d'un caractère essentiellement différent. Le premier, viaduc proprement dit, rentre dans la catégorie des travaux de même genre exécutés sur beaucoup de chemins de fer : il est formé d'arches en maçonnerie de 15 mètres d'ouverture en plein cintre, au nombre de trente : vingt-cinq sur la rive droite de la Marne et cinq sur la rive gauche. Le second est un pont compris entre les deux groupes d'arches du viaduc, et servant à franchir la Marne ; il est formé de quatre arches, en maçonnerie et en plein cintre, de la dimension peu ordinaire de 50 mètres d'ouverture chacune. Le pont est séparé de chacun des groupes d'arches du viaduc par un massif de $9^{m},25$ de largeur faisant office de culée. Ces massifs de séparation accusent nettement l'intention que l'on a eue de n'établir aucune analogie de style entre le pont et le viaduc, qui, naturellement, devaient avoir un caractère différent.

L'ensemble de la construction a, dans son entier développement, 830 mètres de longueur et 29 mètres de hauteur au-dessus de l'étiage de la Marne. La largeur est de 8 mètres entre les parapets et de $8^{m},90$ entre les têtes. Le groupe d'arches de la rive droite est divisé en cinq travées de cinq arches chacune, par des piles-culées armées de contreforts. Les trois premières travées de la rive droite et la travée de la rive gauche sont établies suivant des courbes de

1,000 mètres de rayon; les deux autres travées et le pont sont en ligne droite.

Les arches du pont ont leurs naissances au niveau de l'étiage de la Marne. Les piles de ces arches ont 6 mètres d'épaisseur. La pile en rivière a deux musoirs ou demi-tours servant d'avant-becs et d'arrière-becs; aux culées et aux deux autres piles, ces musoirs ont été remplacés par des avant-corps saillants, reproduisant les mêmes lignes en élévation. Des contre-forts, à fruit extérieur de 1/20e et à faces latérales verticales, arc-boutent les culées et les piles.

Les voûtes des grandes arches du pont ont, à la clef, une épaisseur de 1m,80; les voussoirs forment, en saillie sur les tympans, un bandeau régulier ou archivolte de cette hauteur. L'intervalle entre les têtes n'est pas plein : des voûtes en décharge, dirigées perpendiculairement aux voûtes principales, ménagent des vides dans les reins. Les pieds-droits de ces voûtes sont placés de telle sorte qu'il y en ait un au-dessous de chaque rail de chacune des voies; ils sont d'ailleurs, en raison de leur hauteur, reliés entre eux par des cours de voûtes étagés à 4 mètres environ les uns au-dessus des autres; si bien qu'à l'aplomb des piles, il y a quatre étages de petites voûtes superposées. Des cheminées aboutissant à la hauteur de la voie, et auxquelles correspondent des ouvertures et des portes aux divers niveaux inférieurs, permettent de descendre à tous les étages de voûtes.

L'ouvrage entier, dans son étendue de 830 mètres, est couronné de chaque côté par une corniche de 0m,65 de hauteur et un parapet de 1m,20. Dans toute la construction, les angles saillants et rentrants, les musoirs des piles et culées, les socles, impostes, archivoltes, moulures, cordons, corniches et parapets, sont en pierre de taille; les douelles, tympans et parements des pieds-droits, sont en meulière piquée; les remplissages du grand pont, en meulière brute; et ceux des viaducs, en moellons de Saint-Maur.

En général, les fondations ont pu être établies sur un ter-

rain solide par les procédés ordinaires. Pour la fondation de la pile en rivière, on a employé, au lieu et place d'une enceinte de pieux et palplanches, une enveloppe générale en tôle, de forme cylindrique, de 22m,35 de longueur, 10m,80 de largeur moyenne et 9 mètres de hauteur. Cette enveloppe était divisée sur sa hauteur en trois couronnes de 3 mètres, 3m,50 et 2m,50. La couronne inférieure correspondait à la couche de béton de fondation; la seconde, aux assises de maçonneries au-dessous de l'étiage; la dernière, à la marge qu'il fallait se réserver pour rester, pendant la durée des travaux de fondation, à l'abri des petites crues de la rivière. Les épaisseurs des tôles de ces trois couronnes avaient été réglées en conséquence de l'emploi que chacune d'elles devait remplir.

Les cintres des grandes arches étaient composés : dans leur presque totalité, d'un vaste échafaudage fixe, fortement assemblé et contreventé, ayant pour base des files de pieux de basses et hautes palées, parallèles à l'axe de l'arche, et généralement espacées de l'une à l'autre de 5 à 6 mètres; et, pour le reste, de trois parties mobiles, un segment supérieur et deux triangles latéraux mixtilignes, formant également chacun un ensemble de charpente très-solide. Entre l'échafaudage fixe et les parties complémentaires mobiles, se trouvaient interposés les *appareils rotatoires à hélice*, au moyen desquels le décintrement a été opéré avec un plein succès.

La dépense s'est élevée à la somme de 5,374,000 francs.

Le viaduc de Nogent-sur-Marne a été construit sous l'autorité de MM. Vuigner, ingénieur en chef, et Collet-Meygret, ingénieur principal, d'après les projets et sous la direction immédiate de M. Pluyette, ingénieur ordinaire chargé de l'exécution des travaux.

Pont d'Austerlitz. — Appareil de décintrement au moyen du sable. — On sait que les décintrements des grandes arches en

maçonnerie, quand ils ne sont pas opérés par des moyens et avec des précautions convenables, peuvent donner lieu à de très-graves accidents. On sait également que, mettant à profit la double propriété qu'a le sable fin, pur et sec, d'être incompressible sous les plus fortes charges, et de pouvoir très-facilement être arrêté ou écoulé grain à grain, M. Beaudemoulin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a inventé, il y a déjà un certain nombre d'années, un moyen sûr et facile de régler à volonté la descente des cintres, en interposant, entre les parties fixes des échafaudages et les parties mobiles des cintres, du sable contenu dans des sacs de forte toile, dont il modifiait, selon ses convenances, les conditions d'écoulement, quand le moment de décintrer était venu. L'application de ce procédé, variée dans les détails de diverses manières, a été faite depuis lors à beaucoup de ponts avec un grand succès. Dès l'origine, feu M. de Sazilly, ingénieur des ponts et chaussées, avait pensé à remplacer les sacs en toile par des cylindres en forte tôle. En 1854, à l'époque du décintrement du pont d'Austerlitz, cette disposition fut proposée et appliquée par M. Bouziat, conducteur des ponts et chaussées.

Entre les retombées des cintres et les supports inférieurs, on a placé, en correspondance avec chaque ferme, des cylindres ou manchons en tôle, de 30 centimètres de diamètre intérieur et de 30 centimètres de hauteur. Dans ces manchons, arrêtés en position fixe sur les traverses inférieures, on a versé du sable fin, pur et sec, jusqu'aux deux tiers de la hauteur, et on a ensuite engagé au-dessus du sable des pistons cylindriques en bois, entrant sans frottement dans les manchons. C'est sur ces pistons qu'on a fait reposer le cintre. Quand il s'est agi de décintrer, il a suffi, pour faire descendre chaque piston, de déboucher quatre trous de $0^{m},02$ de diamètre, placés à $0^{m},03$ au-dessus de la base du manchon, sur les extrémités de deux diamètres à angles droits, et de dégager progressivement, quand il y avait lieu,

les orifices, en écartant les petits cônes de sable sorti ; et, en opérant de la même manière, et dans les mêmes conditions de lenteur, sur tous les pistons à la fois, on a déterminé la descente uniforme de toute la masse du cintre, sans aucune secousse, sans avance ni retard d'aucune partie par rapport aux autres, aussi doucement qu'on l'a voulu.

La simplicité du moyen et l'importance du résultat forment ici un contraste qui était fait pour frapper vivement les personnes qui ne connaissaient point encore cet ingénieux procédé.

§ 2. — Barrages, réservoirs et autres travaux de rivières et de canaux.

Barrage de la Chainette, exécuté sur l'Yonne. — Système de M. Poirée. — Le barrage de la Chainette a été construit, pendant les années 1859 et 1860, à la sortie du port d'Auxerre, pour remplacer deux anciens barrages à faibles chutes et la dernière écluse du canal du Nivernais. Il fonctionne depuis 1861.

Ce barrage comprend : une écluse à sas, sur la rive gauche; une passe de 42m,20 de largeur, entre l'écluse et une pile-magasin; et, au-delà de cette pile, un déversoir fixe arasé au niveau de la retenue, d'une longueur de 200 mètres, et se rattachant obliquement à un point situé en aval sur la rive droite. La chute du barrage est de 1m,50 en basses eaux. La passe, dont le seuil est établi à 0m,50 au-dessous de l'étiage, est munie de trente-six fermettes en fer à T, espacées entre elles de 1m,112 d'axe en axe. La première de ces fermettes est à 2m,168 du parement extérieur du bajoyer du large de l'écluse; la dernière, à 1m,112 de l'épaulement de droite formant le soubassement de la pile-magasin.

Chaque fermette a la forme d'un trapèze, une hauteur de 2m,43, une largeur de 1m,90 à la base et de 1m,23 au sommet. La base est terminée par deux tourillons, qui sont engagés dans des crapaudines en fonte scellées dans le radier

sur une ligne parallèle au courant. Ainsi mobiles sur leurs tourillons, les fermettes peuvent être couchées en recouvrement les unes sur les autres, à partir du bajoyer de l'écluse, dans le parement duquel un évidement est pratiqué pour le logement de la tête de la première fermette. Des chaînes en fer suffisamment lâches et allant d'une tête à l'autre des fermettes, donnent le moyen de lever les fermettes en les faisant tourner autour de leur base, et, par suite, de fermer la passe à volonté.

Quand il s'agit de fermer la passe, on relève verticalement la fermette la plus voisine de la pile-magasin, et on la fixe dans cette position par des barres qui la rattachent à la pile; après quoi, on relève, de proche en proche, chacune des fermettes suivantes, et on fixe chacune d'elles, au fur et à mesure, en la rattachant à la précédente, par deux barres en fer, l'une, dite barre à griffe, placée à l'aval, et l'autre, dite barre à échappement, placée à l'amont. C'est contre cette barre à échappement, et contre le heurtoir du radier, que s'appuient les aiguilles en bois qui ferment la passe. — Quand il s'agit d'abattre le barrage, on procède en sens inverse: dans chaque travée, il suffit d'enlever la barre à griffe et d'agir très-légèrement sur la barre à échappement, pour que, celle-ci se dégageant, toutes les aiguilles de la travée qui s'appuyaient sur elle cèdent à la pression de l'eau et soient entraînées par le courant. Les fermettes sont abattues au fur et à mesure. Les têtes des aiguilles portent des anneaux en fer. Dans chaque travée, une corde ou cincenelle, passée à l'avance dans ces anneaux, réunit toutes les aiguilles de la travée; toutes les cincenelles sont attachées à un câble fixé à l'aval; par là, les aiguilles sont retenues à peu de distance du barrage, et il est facile de les recueillir, quand la manœuvre d'abatage du barrage est terminée.

Deux éclusiers mettent vingt minutes pour ouvrir le barrage de la Chainette et trois heures pour le fermer.

Le radier de la passe, le système de fermeture mobile et

les agrès, ont coûté ensemble 29,254 fr. Si, à cette dépense, on ajoute celle de la construction de la pile-magasin, 12,615 fr., et la moitié ou les deux tiers de la dépense totale des batardeaux établis pour fonder à sec sur le rocher l'ensemble des ouvrages, soit de 15,000 à 20,000 fr., on trouvera que la dépense du barrage mobile proprement dit a été à peu près comprise entre 1,350 et 1,500 francs le mètre courant.

Le barrage de la Chainette présente l'application de divers perfectionnements de détail apportés, en plusieurs lieux, au système de barrage à fermettes mobiles inventé par M. Poirée. Il constitue, pour ce genre de barrage, un spécimen qui fait honneur à ses auteurs, MM. Cambuzat, ingénieur en chef, et Marini, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

Barrage à hausses mobiles, exécuté sur la haute Seine.— Système de M. Chanoine. — Les barrages exécutés ou en cours d'exécution sur la haute Seine, ont pour objet d'assurer à la navigation, d'une manière permanente, en toute saison, un tirant d'eau de 1m,60. Ils comprennent généralement : 1° une large passe, pouvant, si on le juge à propos, rester constamment ouverte pendant les bonnes eaux de navigation, et être barrée, en tout ou en partie, lors des époques d'étiage, au moyen de hausses mobiles fixées au radier de la passe, et susceptibles d'être rapidement levées ou abattues à volonté; 2° un déversoir fixe, faisant office de régulateur, surmonté de hausses automobiles; 3° une écluse à sas, destinée à fonctionner quand la passe est fermée.

Dans ces barrages, la passe navigable a son seuil invariablement établi à 0m,60 au-dessous de l'étiage, c'est-à-dire un peu au-dessous du plan général des hauts-fonds du lit naturel de la rivière. La largeur de la passe est de 35 mètres au barrage exécuté à Conflans; elle variera de 40 à 55 mètres dans les douze barrages qui s'exécutent en ce moment entre Montereau et Paris. Les hausses mobiles employées à la fermeture de la passe ont, à Conflans, 2m,35 de hauteur et

1m,10 de largeur chacune; elles auront 3m,11 de hauteur et 1m,20 de largeur, dans les douze barrages actuellement en cours d'exécution.

La partie fixe du déversoir est généralement arasée à 0m,50 au-dessus de l'étiage. Les hausses mobiles qui la surmontent ont, par suite, généralement en hauteur 1m,10 de moins que les hausses mobiles de la passe. La longueur du déversoir de Conflans est de 26 mètres; celle des déversoirs à construire au-dessous de Montereau variera de 60 à 70 mètres.

Les écluses, sur lesquelles il n'y a lieu de donner ici aucun détail, auront, entre Montereau et Paris, des dimensions considérables : 12 mètres de largeur entre les bajoyers des têtes, et 180 mètres de longueur utile entre les buscs.

Chacune des hausses mobiles employées à la fermeture des passes, comprend essentiellement : 1° un cadre, ou, plus exactement, un panneau rectangulaire en charpente, pouvant basculer autour d'un axe fixé vers le milieu des grands côtés du cadre, parallèlement aux petits côtés; 2° un chevalet en fer, en forme de trapèze, dont les côtés parallèles sont : au sommet, l'axe dont on vient de parler, et, à la base, un autre axe de rotation, dont les extrémités formant tourillons sont engagées dans des crapaudines fixées au radier de la passe, et placées de telle manière que les axes de rotation se trouvent horizontaux et perpendiculaires à la direction du courant; 3° un arc-boutant en fer, dont la tête est articulée avec celle du chevalet, et dont le pied s'appuie contre un heurtoir en fonte scellé dans le radier.

Le chevalet et l'arc-boutant, quand ils sont dressés, forment un angle qui porte, à son sommet, l'axe de rotation de la hausse. Le cadre ou panneau en charpente, appuyé, d'une part, sur cet axe, et, d'autre part, contre le seuil du radier, est l'obstacle qui s'oppose à l'écoulement de l'eau. Un nombre suffisant de hausses, juxtaposées transversalement au cours d'eau, constituent le barrage mobile. Les hausses

ne doivent pas être absolument jointives; pour la facilité de leur manœuvre, et aussi afin d'assurer la permanence d'un certain écoulement des eaux, on laisse entre elles un intervalle de quelques centimètres, dont on détermine la largeur d'après le débit de la rivière à l'étiage.

Quand il s'agit d'abattre les hausses, l'opération s'effectue suivant le mode inventé jadis pour les barrages de l'Isle, par feu M. l'ingénieur en chef Thénard : une barre à talons, maintenue à la surface du radier parallèlement à la ligne des hausses, et pouvant recevoir un mouvement de va-et-vient dans le sens de sa longueur, est mise en jeu par l'action d'un treuil placé sur une des piles de la passe; elle accroche, dans son mouvement, les pieds des arcs-boutants, et les fait glisser de côté de la quantité nécessaire pour les dégager des heurtoirs; par là, elle détermine l'abatage des hausses, en tout ou en partie, selon la disposition des talons et l'étendue du mouvement donné à la barre.

Quand, au contraire, le barrage ayant été précédemment abattu, il s'agit de relever les hausses, on opère comme il va être dit. Un bateau gréé pour la manœuvre est amené à l'amont, contre la pile ou la culée, en dehors de l'action du courant dans la passe. L'éclusier, monté sur ce bateau, saisit, avec le crochet d'une gaffe, une poignée en fer fixée à la traverse inférieure du cadre de la hausse; dès qu'il a légèrement soulevé ce cadre et l'a ainsi séparé du radier, le courant qui s'engouffre entre le cadre et le radier lui vient en aide; la hausse, soulevée et flottante, obéit facilement à la traction et remonte vers l'amont, en remorquant après elle son chevalet et l'arc-boutant; dans ce mouvement, le pied de l'arc-boutant est ramené dans sa position de buttée contre le heurtoir. L'arc-boutant et le chevalet sont dès lors dans les conditions qui conviennent, et il suffit d'abandonner la hausse à elle-même, si son axe de rotation a été bien placé, pour qu'elle bascule autour de cet axe et vienne appliquer sa traverse inférieure contre le seuil d'appui. On fait mar-

cher alors l'avant du bateau d'une quantité à peu près égale à la largeur de la hausse déjà mise en place; et, toujours en dehors de l'action du courant, on relève de la même manière successivement toutes les hausses, en cheminant de proche en proche.

Au barrage de Conflans, deux hommes abattent facilement, et sans courir le moindre danger, un mètre courant des hausses de la passe navigable en cinq secondes, et le relèvent en quatre-vingt-dix secondes.

Les hausses des déversoirs sont établies d'après les mêmes principes que les hausses des passes navigables; elles diffèrent de celles-ci, en ce que leurs dimensions sont moindres, et en ce qu'elles sont *automobiles*, c'est-à-dire que l'axe de rotation du cadre est placé à une hauteur telle (vers le tiers de sa hauteur) que le cadre pivote de lui-même, et prenne la position d'un flotteur, dès que le plan d'eau d'amont dépasse d'une quantité déterminée le niveau normal de la retenue. Tout naturellement, les manœuvres de levée et d'abatage des hausses des déversoirs sont encore plus simples et non moins rapides que celles des hausses des passes.

Le mètre courant de passe navigable (radier, fermeture mobile, et faux frais y relatifs, tout compris) a coûté, au barrage de Conflans, 2,400 francs, si l'on ne considère que la passe proprement dite; et 2,800 francs, si l'on comprend dans les éléments du calcul les frais de construction de la pile et de l'épaulement.

Dans les barrages en cours d'exécution entre Montereau et Paris, ces chiffres s'élèveront respectivement à 3,500 et 4,000 francs.

Le modèle de barrage à hausses mobiles du système de M. Chanoine, qui a été admis, en 1855, à l'Exposition universelle de Paris, ne représentait qu'une idée en germe; le modèle qui figure, en 1862, à l'Exposition de Londres, représente, au contraire, un système soigneusement étudié dans toutes ses parties, et arrivé à des conditions toutes pratiques,

grâce aux améliorations que des expériences attentivement suivies ont mis l'inventeur en état d'y apporter.

Ce mode de fermeture mobile est très-ingénieusement disposé; sa manœuvre est facile, sûre et rapide. Le succès de l'expérience en grand, qui en a été faite par l'établissement du barrage de Conflans, a été assez concluant pour que le ministère des travaux publics ait approuvé l'application de ce système à environ quarante barrages, qui se construisent en ce moment sur la haute Seine, la Marne et l'Yonne, et dont la plupart auront des hauteurs qu'on n'avait abordées que très-rarement et avec hésitation jusqu'ici.

Hausses mobiles des déversoirs des barrages de la Marne. — Système de M. Louiche-Desfontaines. — Les barrages exécutés ou en cours d'exécution sur la Marne ont pour objet, comme ceux de la haute Seine, d'assurer en tout temps à la navigation un tirant d'eau permanent de 1^{m},60. Comme ceux-ci, ils comprennent chacun : une passe navigable, un déversoir régulateur et une écluse à sas. Seulement, la rivière étant moindre, la largeur des passes et la longueur des déversoirs sont réduites en conséquence. La largeur des passes est, dans les trois barrages supérieurs, de 12 à 15 mètres; elle sera uniformément de 25 mètres dans les neuf autres. La longueur des déversoirs des huit derniers barrages en cours d'exécution sera d'environ 50 mètres. Quant aux écluses, elles ne sont pas destinées, comme celles de la haute Seine, à recevoir au besoin plusieurs bateaux à la fois et des *traits* de bateaux vides : elles sont à bajoyers verticaux, et ont 7^{m},80 de largeur, 64^{m},10 de longueur totale et 51 mètres entre les buscs.

Les passes des dix barrages inférieurs seront fermées par des hausses à bascule, de tous points pareilles à celles de la haute Seine décrites ci-dessus ; la hauteur des hausses y variera entre 2^{m},70 et 3^{m},15.

Au contraire, les hausses des déversoirs y seront établies

suivant un mode tout à fait différent de celui de la haute Seine, d'après un système inventé par l'ingénieur en chef du service, M. Louiche-Desfontaines, et fonctionnant depuis plusieurs années, avec un plein succès, sur un des barrages supérieurs, à Damery.

Voici en quoi consiste ce système :

La partie fixe du déversoir se compose d'un massif de pierres sèches immergées dans des encoffrements en charpente, recouvert par un pavage en glacis. Les encoffrements sont principalement formés de trois lignes de pieux et palplanches. Dans la ligne d'amont, les intervalles des pieux sont fermés par des palplanches jointives, ayant pour objet de soustraire le pavage du glacis aux sous-pressions de l'eau. C'est dans l'espace compris entre ce vannage et celui qui le suit immédiatement, à l'aval, que se trouve l'appareil mobile, supporté par les vannages et les moises qui les relient.

Cet appareil mobile se compose d'une série de vannes indépendantes les unes des autres, juxtaposées en file dans toute la longueur du déversoir. Chacune de ces vannes tourne autour d'une charnière horizontale placée en son milieu ; la moitié supérieure de la vanne est la hausse proprement dite, la partie du système qui opère la retenue ; la moitié inférieure, désignée sous le nom de contre-hausse, n'a d'autre fonction que d'entraîner la hausse dans les mouvements qu'on lui imprime à elle-même. Cette contre-hausse est enfermée dans un tambour formé d'un quart de cylindre horizontal en tôle, de même longueur qu'elle, d'un rayon égal à sa propre hauteur, et dans lequel elle peut accomplir un quart de révolution, moyennant un peu de jeu qui lui est laissé sur ses trois arêtes libres. Les parois planes du quart de cylindre ne passent pas exactement par son axe : celle de ces parois qui doit être placée horizontalement dans le plan supérieur de la partie fixe du déversoir, est légèrement surélevée par rapport à cet axe ; celle qui doit être placée verticalement, à l'aval, est portée en avant parallèlement à elle-

même ; de telle sorte que, grâce à ces dispositions et à un léger contournement donné à la contre-hausse elle-même, celle-ci, dans chacune de ses positions extrêmes, laisse subsister un vide quasi-rectangulaire entre elle et la paroi du tambour. Les extrémités du tambour sont fermées par deux cloisons en tôle, dans chacune desquelles ont été pratiquées deux ouvertures rectangulaires correspondant à ces vides.

Quand tous les tambours ont été juxtaposés en file et bouonnés les uns aux autres dans toute la longueur du déversoir, ils constituent deux conduits continus longitudinaux, qui ne sont séparés l'un de l'autre que par les contre-hausses mobiles ; et si l'on introduit l'eau dans le conduit d'amont (ce qui se fait par la simple manœuvre d'une ventelle placée dans un puisard de la pile), les contre-hausses, obéissant à la pression de l'eau intérieure, se dressent verticalement et opèrent la levée des hausses. Si, les choses étant dans cet état, on vide le conduit d'amont en le mettant en communication avec le bief d'aval, ou si, sans vider le conduit d'amont, on introduit l'eau dans le conduit d'aval, les hausses s'abattent sous la pression de la retenue. Ces opérations s'effectuent, comme par enchantement, d'une façon presque instantanée, par le seul effet de quelques tours de manivelle exécutés, pour la levée des ventelles, par l'éclusier placé sur la pile.

Ce système de *hausses à vannes tourhantes* a été appliqué à Damery et à Courcelles ; il va l'être aux huit barrages en cours d'exécution sur la Marne. A Damery, la hauteur de la hausse au-dessus de la partie fixe du déversoir est de 0m,85. A Courcelles, elle est de 1m,13 au-dessus du couronnement du déversoir et de 1m,21 au-dessus de l'axe de rotation ; dans les barrages en construction, cette dernière hauteur sera de 1m,10.

Au barrage de Damery, la dépense, par mètre courant de déversoir, a été de 1,230 francs, si l'on ne considère que le déversoir proprement dit, c'est-à-dire les encoffrements, les

massifs d'empierrement, les tambours et toute la partie mobile; de 1,520 francs, si l'on ajoute aux dépenses du déversoir celles de la construction de l'arrière-radier; enfin, de 1,740 francs, si l'on comprend, en outre, dans les éléments du calcul, les frais de construction de la pile.

Le modèle exposé à Londres est divisé en deux parties : dans une moitié, il représente les hausses à vannes tournantes du déversoir de Damery ; dans l'autre moitié, celles du déversoir de Courcelles. Dans ce dernier barrage, où il était important de maintenir dans des limites très-étroites les variations du niveau de la retenue, les hausses, constituées d'ailleurs de la même manière qu'à Damery, sont munies de béquilles ou contre-fiches, au moyen desquelles elles peuvent être arrêtées à mi-hauteur dans leur mouvement de rabattement ; deux barres d'échappement des béquilles, analogues aux barres à talons des barrages de la haute Seine, et correspondant, l'une aux hausses complétement relevées, l'autre aux hausses à demi-rabattues, donnent la possibilité, dans l'une et dans l'autre de es positions des hausses, de n'ouvrir la fermeture mobile que dans telle étendue du déversoir que l'on veut.

Les *hausses à vannes tournantes* inventées par M. Louiche-Desfontaines sont un appareil très-ingénieux et très-simple, de la manœuvre la plus facile et la plus prompte, et éminemment propre à l'application qui en a été faite pour couronner des déversoirs de barrages mobiles.

Réservoir des Settons servant à alimenter, en été, la rivière d'Yonne. — La rivière d'Yonne manque d'eau pendant la plus grande partie de l'année. Durant les sept ou huit mois compris entre mars et novembre, la navigation n'y est possible qu'à la descente, et seulement par intermittences, à l'aide de flots ou d'éclusées, c'est-à-dire au moyen de petites crues factices produites par le débouchage régulier et successif des pertuis et des barrages établis sur son cours. C'est dans

cet ordre de faits, auquel va bientôt mettre un terme l'établissement du système complet de barrages mobiles en voie d'exécution sur cette rivière, qu'a été jugé indispensable et a été exécuté, il y a quelques années, le réservoir des Settons destiné à fournir, en été, le complément du volume d'eau nécessaire aux éclusées. Ce réservoir a, depuis quatre ans, rendu de notables services (1).

Il a une superficie de 400 hectares, et contient 22 millions de mètres cubes d'eau, quand sa retenue est à son maximum de hauteur : 18 mètres au-dessus du seuil de la bonde du fond. Il est alimenté par le bassin de la petite rivière de Cure, qui débite par année environ 55 millions de mètres cubes.

La digue du réservoir est établie dans un point d'étranglement de la vallée. Elle est formée d'un simple mur en maçonnerie brute de granit à bain de mortier hydraulique. Ce mur formant barrage, a 271 mètres de longueur au couronnement, 20 mètres de hauteur au-dessus de la bonde de fond, $11^m,40$ d'épaisseur à la base, $4^m,88$ d'épaisseur au sommet, et un fruit, à l'aval, de $0^m,30$ par mètre.

Le barrage est percé par trois systèmes d'aqueducs ou épanchoirs, placés, l'un au fond, l'autre à 6 mètres, et le troisième à 12 mètres de hauteur. Il est, en outre, accompagné, latéralement, d'un déversoir de superficie, de 6 mètres de longueur. Des rigoles de fuite mettent le déversoir et les deux épanchoirs supérieurs en communication avec le lit de la Cure, sur lequel se trouve établi l'épanchoir de fond.

La dépense s'est élevée à la somme de 1,527,680 francs, y

(1) Le réservoir des Settons ne deviendra point inutile, quand, par le fonctionnement des barrages mobiles qui s'exécutent en ce moment, on se sera assuré, dans l'Yonne, en toute saison, un tirant d'eau permanent de $1^m,60$: il continuera à jouer, comme régulateur du débit des eaux de la Cure, un rôle très-profitable aux usines établies et au flottage qui se fait sur la partie inférieure du cours de cette petite rivière; et il sera sans doute aussi, en certains cas, très-utile à des intérêts plus généraux.



compris 520,000 francs appliqués aux acquisitions de terrains.

Ce travail a été projeté et exécuté par MM. Rozat de Mandres, Olry de Labry et Marini, ingénieurs des ponts et chaussées.

Barrage du réservoir de Montaubry (*canal du Centre*). — Le réservoir de Montaubry a été établi pour remédier à l'insuffisance des moyens d'alimentation du canal du Centre. Les travaux ont été exécutés en 1860 et 1861. Situé à l'extrémité d'un bassin granitique de 1,600 hectares de superficie, qui débouche dans la vallée de la Dheune, ce réservoir occupe une surface de 125 hectares, et a une capacité de 5,078,000 mètres cubes. Il n'est alimenté par aucune source importante; mais on évalue à 11 millions de mètres cubes la quantité d'eau qu'il reçoit annuellement par la pluie.

Son barrage est une digue en terre, établie au point le plus rétréci de la gorge de sortie du bassin, à 500 mètres environ du canal du Centre, à moins de 5 kilomètres du bief de partage. Sur le côté gauche de la digue, se trouve le déversoir, ouvert et taillé en gradins dans le rocher, et sur le côté droit, le massif de maçonnerie qui contient les bondes de prise d'eau. Ces bondes, au nombre de trois, placées à différents étages, communiquent, au moyen d'un puits vertical, avec un aqueduc de fuite, qui se décharge dans la rigole conduisant les eaux au canal.

La digue a 6 mètres de largeur en couronne et une hauteur de 16m,58 au-dessus du point le plus déprimé du vallon; au niveau de ce fond, sa largeur de base est de 57m,70, et sa longueur sur l'axe de 39 mètres. Le parapet en maçonnerie qui la surmonte et qui sert de garde-vague, a 132m,50 de longueur. Toute la partie du massif de la digue qui est en amont de la crête extérieure du couronnement, repose directement, au fond et latéralement, sur le rocher purgé au préalable de toute partie tendre. Dans

cette partie, le plan de fondation est moyennement à 6 mètres au-dessous du sol de la vallée. Trois entailles continues, désignées sous le nom de *clefs*, font pénétrer dans le rocher le massif des remblais et s'opposent à toute filtration. La partie en aval de la crête extérieure est établie, au fond, sur le terrain naturel d'où l'on a fait disparaître toute trace de végétation, et, latéralement, contre le rocher nettoyé aussi bien que possible.

Le talus intérieur de la digue est défendu contre l'action des eaux et des glaces, par des revêtements formant gradins et composés de petits murs indépendants, à parement incliné, reliés par de petites bermes maçonnées (système de M. Vallée, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite). Ce talus est divisé, dans sa hauteur, en trois parties, par deux paliers de 2 mètres de largeur, situés, l'un à 6 mètres et l'autre à 11 mètres environ, au-dessous du couronnement de la digue. L'inclinaison générale de chacune des trois parties découpées en gradins est de un et demi de base pour un de hauteur. Les petits murs de revêtement sont parallèles à l'axe de la digue. Chacun d'eux a une épaisseur moyenne de $0^m,60$, une hauteur de $0^m,80$, et rachète, avec la petite berme qui le suit, une hauteur de 1 mètre. A part le premier, qui repose sur une maçonnerie de 2 mètres d'épaisseur faisant mur de garde et pénétrant de 1 mètre au-dessous du plan de fondation de la digue, chacun de ces murs est fondé sur un massif de $0^m,40$ d'épaisseur et $0^m,90$ de largeur. — Les bermes légèrement inclinées qui relient les murs entre eux, sont revêtues d'une couche de béton de $0^m,185$, que recouvre un enduit en bitume de $0^m,015$ d'épaisseur.

Le talus d'aval de la digue est établi à 1 1/2 de base pour 1 de hauteur, et simplement protégé par des semis de gazon et des plantations.

Les dépenses se sont élevées à la somme de 546,000 francs, y compris 145,000 francs pour acquisitions de terrains.



Le choix de l'emplacement et les dispositions générales du projet appartiennent à M. Duverger, ingénieur en chef des ponts et chaussées. L'étude de détail et l'exécution ont été confiées, sous sa direction, à M. Sciama, ingénieur des ponts et chaussées.

Traversée à niveau du canal du Midi par le torrent du Libron. — Le cours du torrent du Libron est traversé à angle droit par l'avant-dernier bief du canal du Midi. Le fond du lit du torrent, qui ordinairement est à sec ou ne livre passage qu'à un faible filet d'eau, est au niveau du plan d'eau du canal. Il s'ensuit que, s'il n'était pas pris des dispositions toutes spéciales, le torrent qui, dans les orages, charrie des amoncellements de sable et de graviers, envahirait alors le canal, et l'encombrerait de dépôts qu'il faudrait ensuite draguer à grands frais, et qui interrompraient la circulation pendant un temps plus ou moins long. Depuis l'origine de l'établissement du canal, on a eu recours à diverses combinaisons pour prévenir ou atténuer au moins les fâcheuses conséquences de cet état de choses; le modèle exposé à Londres représente la combinaison qui a été adoptée en dernier lieu, et qui est due à MM. Maguès, directeur, et Simonneau, ingénieur de la Compagnie du canal.

On a ouvert, à droite et à gauche et en remplacement de la partie correspondante du lit du torrent, deux dérivations ou lits nouveaux, disposées symétriquement, se détachant du tronc commun à 50 mètres en amont du canal, se rattachant au lit naturel à pareille distance en aval, et comprenant, entre leurs points de traversée du canal, un espace suffisant pour qu'on puisse y loger une des plus grandes barques en usage sur cette ligne navigable. Cet espace intermédiaire forme, pendant les époques des crues du Libron, un bassin de stationnement dans lequel passent les barques une à une, tandis que les deux dérivations, alternativement ouvertes aux eaux du torrent, mais toujours sans communi-

cation avec les eaux du canal, fonctionnent, à tour de rôle, ainsi que le font les portes dans une écluse à sas. Les manœuvres s'effectuent au moyen de vannes et de bâches mobiles. Les vannes, placées à l'origine des deux dérivations, ouvrent l'une de ces dérivations au torrent et lui ferment l'autre. Les bâches, au nombre de quatre, deux sur chaque dérivation, sont, à tour de rôle, remisées dans des renfoncements des rives, à droite et à gauche du canal, sur la dérivation fermée au torrent, et réunies bout à bout, sur la dérivation ouverte, de manière à former, à travers le canal et en prolongement du lit de la dérivation, une cuvette à bords latéraux élevés, qui livre passage au torrent. Des arceaux en pierre de taille, bâtis en travers du canal, supportent, sur des rails, des chariots auxquels sont suspendues les bâches, dont les mouvements, grâce à ces dispositions, s'effectuent sans difficulté. Cet ouvrage a coûté 600,000 francs.

L'expérience qui en a été faite depuis 1856 a prouvé qu'il satisfait pleinement à sa destination : c'est un exemple heureux de combinaisons ingénieuses appliquées à la solution d'une difficulté locale.

§ 3. — Digues et jetées à la mer.

Digue de Cherbourg. — La digue de Cherbourg est le plus important et le plus beau travail qui ait été exécuté en mer libre. Cette œuvre gigantesque est connue de toutes les personnes qui, à un titre quelconque, s'intéressent aux grands travaux publics.

On sait que, dès 1782, il fut décidé que, pour abriter la rade de Cherbourg contre les vents du large, du nord-ouest à l'est par le nord, il serait établi une digue artificielle isolée en mer. Des considérations purement militaires déterminèrent le tracé qui a été adopté pour cette digue, suivant un chevron brisé, le sommet tourné vers le large, dont les deux branches, d'inégale longueur, sont dirigées, l'une à l'est vers le fort de l'île

Pelée, l'autre vers le fort de Querqueville, à la pointe ouest du littoral de la grande rade. Le premier dessein fut de former la digue, en quelque sorte à claires-voies, au moyen de quatre-vingt-dix troncs de cônes en charpente, de 33 mètres de diamètre moyen, se touchant base à base, échoués sur le fond sous-marin, et s'élevant au-dessus des plus hautes mers de vives-eaux calmes. L'intérieur de ces cônes devait être rempli de blocaille, depuis le fond sous-marin jusqu'au niveau des basses mers de vives-eaux ; le surplus devait être exécuté en maçonnerie hydraulique. Les sommets des troncs de cônes auraient été réunis par de fortes chaînes en fer. On se flattait que l'agitation de la mer eût été ainsi divisée et en grande partie détruite, et qu'en même temps les courants de marée du dedans au dehors de la rade auraient, en passant dans les vides entre les cônes, empêché les dépôts d'alluvions et la réduction des profondeurs en-deçà de la digue. Les cônes coûtaient si cher que, presque dès le début, on se détermina à mettre des intervalles entre leurs bases, et que, progressivement, on agrandit ces intervalles de plus en plus ; on les porta jusqu'à 500 mètres, d'abord sur la branche est, puis sur la branche ouest. Comme conséquence de cette modification du projet primitif, des versements de blocaille devaient être effectués dans les intervalles des cônes, et élevés jusqu'au niveau des basses mers, pour relier les cônes entre eux. Afin de réaliser une autre économie, au lieu d'exécuter en maçonnerie la partie supérieure des cônes, on la forma de blocaille, comme la partie inférieure, en composant seulement cette blocaille de plus gros fragments. Mais les charpentes des cônes ne purent résister à l'action de la mer et des vers marins (tarets) ; elles furent disloquées et détruites, et la blocaille qui les remplissait s'affaissa jusqu'au niveau des basses mers. En 1790, 25 millions avaient été ainsi dépensés sans résultats décisifs.

Sur le rapport d'une commission mixte, dont faisaient partie les ingénieurs des ponts et chaussées Lamblardie père

et Cachin, il fut décidé, en 1792, que la digue serait élevée, sur toute sa longueur, en enrochements jusqu'à 9 pieds ($2^{m},92$) en contre-haut des plus hautes mers calmes, et qu'on aurait à revêtir les talus, vers le large, de blocs naturels de 500 à 2,500 kilogrammes, que la mer arrimerait elle-même dans les tempêtes suivant les surfaces de maximum de résistance et de stabilité. On se mit à l'œuvre d'après ce nouveau programme; mais, dans la période des dix années qui suivirent, on ne put consacrer à la digue qu'une somme totale de 6 millions. En 1802, les travaux, pendant un temps suspendus, furent repris suivant le même système, sous la direction de M. l'ingénieur Cachin. L'exhaussement fut provisoirement restreint à l'îlot central correspondant au sommet de l'angle des deux branches de la digue, îlot destiné à recevoir un fort et des batteries d'enveloppe. Dès 1808, l'îlot était élevé à hauteur, garni de parapets pour la mise en batterie de vingt bouches à feu, et pourvu de casernes en bois pour une garnison de quatre cents hommes. Mais, à la fin de cette année, une tempête, arrivant après beaucoup d'autres qui avaient déformé les talus et miné la base de l'îlot, bouleversa de fond en comble tous les ouvrages, écrasa presque toute la garnison sous les ruines des casernes, et modifia profondément le relief de l'îlot au-dessus des basses mers. Après cette catastrophe, une lutte incessante se poursuivit entre l'action des vagues du large, et les versements de nouveaux enrochements avec défenses en blocs naturels. Les résultats de cette lutte prouvèrent, contrairement à l'avis de la commission de 1792, que les formes des talus se modifiaient sans cesse sous l'influence des directions variables des tempêtes et de la coïncidence des coups de mer avec les vives-eaux ou les mortes-eaux, et aussi suivant le volume et le poids des blocs naturels employés à la défense vers le large.

Napoléon, après avoir visité les travaux de la rade du port de Cherbourg, en 1811, prescrivit de fonder sur les enrochements, à partir du niveau des basses mers de vives-eaux, et

d'élever jusqu'au niveau des hautes mers le soubassement d'un fort elliptique, en dedans des reliefs d'enrochement. Ce soubassement, exécuté sous les ordres de M. l'ingénieur ordinaire Lamblardie fils, a résisté, depuis 1813, à toutes les tempêtes. En 1823, ce soubassement fut entouré, vers le large, par une batterie qui le dominait de 4 à 5 mètres, et dont le mur d'escarpe fut fondé seulement au niveau des hautes mers de mortes-eaux, sur les anciens blocs de revêtement des enrochements de l'îlot central.

De 1828 à 1830, la reprise des travaux de la digue fut l'objet d'études confiées à MM. Fouques-Duparc, ingénieur en chef directeur, et Leroux (Victor), ingénieur en chef sous ses ordres. Une commission spéciale d'inspecteurs généraux des ponts et chaussées discuta divers systèmes de construction proposés, et adopta finalement les projets de M. Fouques-Duparc. Ces projets consistaient à établir, à partir du niveau des basses mers de vives-eaux, une muraille pleine en maçonnerie, de 10 mètres d'épaisseur, parementée en granit, élevée jusqu'au niveau des plus hautes mers d'équinoxe, et surmontée d'un parapet de $2^{m},65$ d'épaisseur, formant batterie à barbette vers la grande mer. Le pied de cette muraille vers le large devait être défendu par une vaste nappe de blocs naturels descendant jusqu'à 5 mètres en contre-bas des basses mers. La première couche inférieure de fondation devait être en béton hydraulique, versé aux basses mers de vives-eaux, et contenu entre deux rangées de pierres de taille de granit tendre sur les deux rives nord et sud.

C'est de l'adoption de ce nouveau système que date l'ère d'achèvement de la digue de Cherbourg. Entrepris en 1831, les travaux furent continués sans interruption, d'après ce système, jusqu'en 1853, époque à laquelle ils se trouvèrent achevés; y compris les soubassements des musoirs extrêmes, mais non compris les forts du centre et des extrémités, dont l'exécution appartenait au génie militaire à partir du niveau de 2 mètres au-dessus des plus hautes mers de vives-eaux.

Les anciens enrochements de blocaille qui, en 1792, étaient à peu près élevés au niveau des basses mers d'équinoxe, avaient été le jouet des tempêtes, de 1792 à 1834. Pendant cette période de quarante-deux ans, ils avaient été bouleversés et déprimés ; les talus vers le large s'étaient étendus suivant des inclinaisons variables, atteignant jusqu'à 7 ou 8 de base pour 1 de hauteur, dans la tranche supérieure qui se terminait au niveau des basses mers. La blocaille du dessus des enrochements sous-marins avait été jetée au sud, vers la rade, et il fallait un rechargement de 3 à 4 mètres pour remonter le niveau des enrochements jusqu'au plan de fondation de la muraille. Ces rechargements, opérés par parties, ne précédèrent guère, en général, que d'un an et même d'un hiver, l'exécution des bétonnages de fondation des maçonneries ; et, néanmoins, les tassements ultérieurs, très-réguliers dans la longue branche de l'ouest, n'ont pas dépassé 40 centimètres.

Les musoirs extrêmes furent formés d'anneaux circulaires en maçonnerie hydraulique de moellons parementée en granit, dont l'intérieur fut rempli en blocaille, au fur et à mesure de l'élévation des maçonneries. Pour défendre ces têtes d'ouvrages vers les passes principales, au niveau des basses mers de vives-eaux, on eut recours à l'emploi de blocs artificiels de 20 mètres cubes (46 tonnes dans l'air), formés de maçonnerie de moellons de gneiss ou de grès, avec mortier de ciments surcuits de Portland, mélangés, pour accélérer la prise, avec des ciments de Medina.

La dépense totale (y compris les 31 millions dépensés avant 1802) a été de 67 millions, en nombre rond, pour une longueur de 3,700 mètres ; de telle sorte que la digue, établie sur des fonds de 10 à 11 mètres en contre-bas des plus basses mers (dans une rade où, en mer calme, les marées ont une dénivellation maxima de 7 mètres), et surmontée d'une muraille de $9^{m},50$ à 10 mètres de hauteur, a coûté, en définitive, par mètre courant........................ 18,000 francs.

Pendant cette longue période de 1831 à 1853, la marche des travaux a été plus ou moins active, suivant les ressources budgétaires, sans que toutefois on ait jamais pu, par année, dépenser plus de 2 millions et fonder plus de 300 mètres de muraille sur une hauteur moyenne de 2m,60. Tous les matériaux, moellons de gneiss et de quartz, pierres de taille de granit, mortiers et bétons, étaient préparés à terre, soit dans les carrières, soit dans le nouvel arsenal, et transportés à la digue par des bateaux à voile ou par des trains de chalans remorqués par des bateaux à vapeur. Le travail des fondations aux basses mers de vives-eaux n'était praticable que pendant quelques heures de jour et de nuit, et seulement de la fin de mai au commencement de novembre. Pour l'exécuter, il fallait, à chaque marée favorable, accumuler instantanément, sur une longueur de 250 à 300 mètres, jusqu'à cinq cents ouvriers employés à verser le béton de fondation et à le recouvrir immédiatement d'une nappe provisoire en ciment destinée à le défendre contre l'agitation de la marée montante. L'exécution simultanée de l'arrière-bassin Napoléon III et de la maçonnerie de la digue a produit de notables économies, en ce que l'exécution du bassin fournissait des matériaux d'enrochements, et surtout en ce qu'elle occupait un personnel considérable d'ouvriers qu'on avait ainsi sous la main pour les moments où il devenait possible de travailler à la digue.

Un mémoire publié, en 1857, par M. l'ingénieur des ponts et chaussées Bonnin, sous le titre *Travaux d'achèvement de la digue de Cherbourg*, retrace avec exactitude et précision les détails des ouvrages et toutes les phases, si pénibles et si variées, de l'exécution de ces travaux, auxquels il a été attaché, depuis 1843 jusqu'à leur achèvement à la fin de 1853.

Malgré les tassements très-variables des enrochements, particulièrement dans l'emplacement des anciens cônes, malgré les fissures longitudinales et transversales qui en ont été la suite, malgré les mouvements continuels en sens di-

vers des blocs naturels formant le revêtement des enrochements vers le large, une dépense annuelle d'entretien de 120,000 francs a mis amplement en mesure, depuis 1853 jusqu'à ce jour, de maintenir en parfait état les principaux ouvrages de la digue, et même d'étendre la nappe de recouvrement en blocs naturels vers le large, et les défenses en blocs artificiels en avant de la batterie d'enveloppe du fort central. Les blocs artificiels de défense, en ciment surcuit de Portland mélangé de ciment de Medina, dont les plus anciens remontent à 1846, ont résisté jusqu'ici, *en général*, à l'action chimique des eaux de la mer.

On s'était demandé avec inquiétude, en 1832, si la construction d'une digue continue de 3,700 mètres de longueur, à l'ouverture d'une baie de 7 kilomètres de largeur, n'exercerait pas une fâcheuse influence sur la marche des courants et des alluvions et sur la conservation des fonds abrités par cet ouvrage. Des reconnaissances hydrographiques faites, en 1850, après l'achèvement des murailles des deux branches de la digue et comparées à celles de 1832, ont démontré qu'aucun des effets redoutés ne s'était produit, et que même, à quelques égards, l'état de la rade s'était amélioré.

Il est de toute justice de faire remonter à feu M. Fouques-Duparc et à la commission d'inspecteurs généraux de 1830, le mérite de la conception et de l'approbation du projet suivant lequel s'est accompli l'achèvement de la digue de Cherbourg. Une mention spéciale est due à la capacité et à l'énergie dont feu M. Virla, alors ingénieur ordinaire des ponts et chaussées, chargé des travaux de la digue, a fait preuve, de 1831 à 1838, et notamment en 1836 dans des circonstances extrêmement critiques. Mais la part la plus large doit être faite à M. Reibell, actuellement inspecteur général des ponts et chaussées, chef du service des travaux hydrauliques de la marine, qui a été l'âme de tout ce qui s'est fait pour la digue pendant les quinze dernières années. C'est grâce à son dévouement absolu, à son extrême activité

et à son inébranlable énergie, non moins qu'à son habileté et à son expérience consommée des travaux maritimes, que cette gigantesque entreprise a été menée à bon terme. Il faut dire d'ailleurs, avec lui, qu'il a été dignement secondé, dans cette tâche difficile, — de 1838 à 1843, par M. Mahyer, — de 1843 à 1853, par M. Bonnin, — l'un et l'autre ingénieurs des ponts et chaussées, qui, pendant leur séjour dans ce service, n'ont pas cessé un instant d'être sur la brèche.

Jetée du bassin Napoléon du port de Marseille. — Le système suivi à Marseille pour la construction des digues destinées à l'extension du port, consiste principalement à composer le corps de ces digues en blocs naturels, et à défendre par des blocs artificiels leur revêtement extérieur du côté du large. Pour concilier les vues d'économie avec les conditions de solidité des ouvrages, les produits des carrières d'où sont extraits les blocs, sont répartis, d'après leurs degrés de grosseur, en diverses catégories, et tous utilisés de telle manière que, chaque catégorie occupant la position qui lui a été assignée dans la masse, les plus gros matériaux enveloppent et protégent les plus petits. Les débris mêmes de carrière trouvent leur place, soit dans les fondations du massif, soit dans la fabrication des blocs artificiels. Les plus gros blocs naturels atteignent et dépassent le poids de 4,000 kilogrammes; les plus gros blocs artificiels ont un volume de 10 mètres cubes (poids : environ 22 tonnes dans l'air).

La digue du bassin Napoléon établie, suivant ce système, dans un fond de 17 mètres, avec un quai de 30 mètres de largeur, a coûté, par mètre courant.......... 9,000 francs.

Celle du bassin de la Joliette, construite dans le même système, avec un quai de 18 mètres de largeur et une profondeur d'eau de 12 mètres, a coûté....... 5,500 francs.

Le modèle en relief de la digue du port Napoléon qui figure à l'Exposition de Londres, reproduit exactement les détails

de construction de cet ouvrage. Un atlas joint au modèle fait connaître les détails de l'installation du chantier de fabrication des blocs artificiels.

Un plan d'ensemble indique l'état actuel du port de Marseille, les progrès qui se réalisent et les dispositions réservées pour l'extension ultérieure de ce grand établissement maritime. On y a distingué, par des teintes différentes, ce qu'était autrefois ce port, les travaux exécutés depuis quelques années, ceux dont l'exécution immédiate est décidée, et enfin ceux qui devront être exécutés au fur et à mesure des besoins.

Un esprit d'habile organisation se manifeste dans la disposition de ces grands travaux. L'honneur en revient à M. Pascal, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sous la direction de qui s'est accomplie, dans ces dernières années, la notable extension du port de Marseille. MM. Dussaud frères, entrepreneurs, ont prêté un concours intelligent dans les détails de l'exécution.

§ 4. — Formes de radoub et autres travaux de ports de mer.

Formes de radoub nos 1, 2 et 3 de Castigneau, à Toulon. — Les trois formes de radoub de Castigneau, la première, terminée et en service, les deux autres, en voie d'achèvement, ont ou auront les dimensions ci-après :

	FORME n° 1.	FORME n° 2.	FORME n° 3.
Longueur totale, au couronnement, dans œuvre	m. 102,65	m. 121,00	m. 166,40
Longueur totale, sur plafond, jusqu'à la dernière rainure	90,00	110,00	155,20
Largeur de l'écluse d'entrée, en haut	22,00	22,00	22,00
— en bas	16,00	16,00	16,00
Hauteur d'eau sur le seuil (à haute mer)	9,36	9,65	9,65

Ces formes devaient être établies dans un terrain composé de cailloux calcaires, d'argile et de gravier, connu dans le pays sous le nom de *sâfre;* terrain solide, mais très-perméable aux eaux, qui s'y font jour en sources abondantes dès qu'on enlève la couche vaseuse qui le recouvre. Il aurait été impossible de creuser des fouilles profondes et, à plus forte raison, d'exécuter à de grandes profondeurs des maçonnerie étanches, dans un pareil sol, en opérant par voie d'épuisements. On a fait les déblais jusqu'à 15 mètres de profondeur, au moyen de dragues, et, dans les fouilles ainsi faites, on a *moulé* en béton, par voie d'immersion, une grande cuvette, dans laquelle, après l'avoir asséchée, on a construit les maçonneries intérieures, à l'abri de l'invasion des eaux souterraines.

Les indications qui suivent font connaître l'ordre dans lequel les travaux se sont succédé, à dater de la fin du dragage. — Battage de pieux espacés de 2 mètres, pour former une enceinte rectangulaire, ouverte seulement du côté de la darse; établissement d'un plancher d'échafaudage au pourtour; formation d'un encaissement, avec des bordages cloués, à l'aide de scaphandres, contre les pieux de l'enceinte; enlèvement, au moyen de divers engins, de la boue liquide déposée au fond de la fouille. — Formation, par immersion, d'une plate-forme en béton, de 5 mètres d'épaisseur, de 31 mètres de largeur et de toute la longueur de l'ouvrage, au moyen de caisses en tôle de 1 mètre cube, se vidant par le fond, descendues à l'aide de treuils portés par un grand chariot roulant sur des rails placés sur les deux bords de l'enceinte. Enlèvement avec soin de la laitance vaseuse, tant par des pompes qu'au moyen de caisses en fer promenées lentement sur le fond de la fouille et dirigées à l'aide de scaphandres. — Pose de pieux verticaux scellés à leur pied dans des trous pratiqués dans la plate-forme en béton, pour former un encaissement intérieur distant de 5 mètres de l'encaissement extérieur, et deux encoffrements transver-

saux subdivisant la forme en trois parties égales. Immersion du béton, par les mêmes moyens et avec les mêmes précautions d'enlever la laitance, pour mouler les murs extérieurs ou bajoyers et les murs transversaux. — Remblais au pourtour de la forme, pendant la période du durcissement du béton (environ un an); enlèvement des pieux des planchers d'échafaudage, etc. — Vidange successive des trois sections. Enlèvement des encaissements intérieurs; nettoyage du fond et aplanissement avec de la maçonnerie en briques et mortier de ciment. — Exécution des maçonneries de revêtement intérieur, des banquettes, escaliers, etc., après la démolition successive des deux murs transversaux; établissement des grands tuyaux d'aspiration en fonte pour l'épuisement, des grandes soupapes pour l'introduction de l'eau, etc. — Construction d'un batardeau intérieur en maçonnerie, à 10 mètres du batardeau extérieur moulé en béton; amincissement progressif de ce dernier batardeau jusqu'à 2 mètres d'épaisseur, en l'épontillant contre le batardeau intérieur; introduction de l'eau entre les deux batardeaux; achèvement de la démolition sous-marine du batardeau extérieur, au moyen de mines, à l'aide de scaphandres, etc. — Mise en place du bateau-porte en fer, dans la rainure extrême; épuisement, entre ce bateau-porte et le batardeau intérieur; démolition, à sec, de ce dernier batardeau.

La forme n° 1 a coûté 2 millions de francs; la forme n° 2, quoique plus longue de 20 mètres, reviendra à peu près au même prix; la forme n° 3 coûtera environ 3 millions de francs.

Tous ces travaux ont été exécutés sur les projets et sous la direction de M. l'inspecteur général des ponts et chaussées Noël, par M. Calaman, conducteur des ponts et chaussées, faisant fonctions d'ingénieur.

La forme n° 1 de Castigneau est représentée, à l'Exposition de Londres, par un petit modèle en relief de la forme terminée, et par une série de dessins faisant connaître, avec

détail, et dans leur ordre successif, toutes les phases des opérations au moyen desquelles s'est exécuté cet ouvrage.

Dans la conception d'ensemble comme dans les procédés d'exécution, ces opérations se distinguent par un esprit de méthode et de précision fort remarquable. Grâce à des dispositions parfaitement coordonnées d'avance et perfectionnées jusque dans leurs moindres détails, on a imprimé à ces grands travaux une marche sûre et rapide; et par la répétition, dans le même ordre, suivant les mêmes règles, avec le même matériel, d'opérations similaires, pour la construction des trois formes, on a dû nécessairement arriver à une exécution relativement économique.

Nouvelle forme sèche du port militaire de Rochefort. — Ce bassin de radoub a les dimensions suivantes :

Longueur totale au couronnement, dans œuvre. .	134^{m} 00
Sur le plafond jusqu'à la dernière rainure. . . .	129 27
Largeur de l'écluse d'entrée, en haut	23 22
— — en bas.	18 40

Lors des plus hautes mers d'équinoxe, la largeur de l'écluse au niveau du plan d'eau supérieur, est de 22^{m},55, et le tirant d'eau de 8^{m},35; lors de la pleine mer de mortes-eaux, la largeur au plan d'eau est de 21^{m},12, et le tirant d'eau de 6^{m},20. En conséquence, ce bassin peut largement recevoir, à toute époque, des navires ayant 125 mètres de longueur à la flottaison et 21 mètres de largeur au maître-couple.

Le fond du terrain dans lequel devait être établi cet ouvrage était composé de couches inclinées vers la Charente, et superposées dans l'ordre suivant : au fond, banc de rocher calcaire; immédiatement au-dessus, couche de sable vert; et, au-dessus du sable vert, dans l'emplacement correspondant à la tête et à la moitié supérieure du bassin, couche calcaire s'interrompant obliquement, et dans le reste, couche

de la vase argileuse désignée dans le pays sous le nom de *bri*. On a fondé sur le rocher la moitié du bassin correspondant à la tête, après avoir soutenu la couche aquifère et fluente des sables verts, par une ceinture de puits en maçonnerie enfoncés dans cette couche à mesure de leur construction par *creusement intérieur*. On a établi l'autre moitié sur un pilotage général, formé de pins des Landes de 35 centimètres de diamètre moyen, espacés de 1 mètre d'axe en axe et battus jusqu'au rocher, suivant des profondeurs variant de 1 mètre à 16 mètres. On a exécuté les déblais et les maçonneries des bajoyers par parties successives, en soutenant en arrière les vases fluentes, de manière à réduire le cube des terrassements.

Les murs en aile, en prolongement évasé des bajoyers du bassin, qui raccordent le bassin, d'un côté, à la forme double voisine, et de l'autre, à la rive du fleuve, ont été fondés sur des pilotis de 9 à 10 mètres de profondeur, noyés dans le *bri*, le rocher descendant, dans leur emplacement, jusqu'à une profondeur de 30 mètres. Le grillage sur lequel ces murs sont établis a été, sur une certaine longueur, rattaché, en arrière, à une plate-forme sur pieux supportant un remblai aussi léger que possible de terres et de fascines.

Les travaux ont été exécutés sans épuisements considérables, à l'abri des batardeaux élevés sur un corps d'avant-cales existant antérieurement dans cet emplacement.

Le succès du bassin proprement dit a été complet; le passage même de la fondation sur rocher à la fondation sur pilotis n'a donné lieu à aucune fissure. Mais les murs en aile, fondés sur des pieux simplement noyés dans le *bri*, ont fait quelques mouvements peu inquiétants toutefois jusqu'à présent. Ces mouvements se sont produits entre le point de jonction des murs avec le bassin et le point où le grillage de fondation de ces murs a été rattaché à une plate-forme établie en arrière, et l'on sera peut-être obligé, à une époque plus ou moins prochaine, de recourir à ce mode de rattache-

ment pour remettre en état et consolider définitivement les parties de murs pour lesquelles on avait cru pouvoir se dispenser d'en faire usage.

Commencé en 1853, le grand bassin de radoub du port militaire de Rochefort a été mis en service au mois d'août 1861. Il a coûté 2,300,000 francs.

Ce travail important présentait des difficultés de fondation qui ont été heureusement surmontées. Il a été exécuté, sous la direction de M. Garnier, ingénieur en chef des ponts et chaussées, par MM. Angiboust, ingénieur des ponts et chaussées, et Charvin, conducteur, faisant fonctions d'ingénieur.

Batardeau avec puits pour la construction du bassin de radoub n° 2 du port militaire de Lorient. — La forme de radoub n° 2 du port militaire de Lorient a été établie au moyen d'un batardeau d'une construction particulière : reproduisant des dispositions employées en divers lieux, et adoptées notamment pour la fondation d'un quai au port de Saint-Nazaire, ce batardeau a été composé d'une série de puits construits indépendamment les uns des autres, descendus jusqu'au rocher et reliés après coup par des murs.

Chaque puits était une sorte de tour carrée ayant à l'intérieur 2m,40, formée de murs d'une épaisseur uniforme de 1m,20, et ayant par conséquent à l'extérieur une longueur de côté de 4m,80. Quinze puits ont été répartis sur la longueur développée du batardeau, qui était de 99m,36. Les intervalles qui existaient entre les puits, et qui variaient de 0m,60 au moins à 2m,60 au plus, formaient ensemble une longueur de 22m,61. Le sommet des puits a été arasé uniformément à 0m,20 au-dessus des plus hautes mers, lesquelles s'élèvent à Lorient à 5m,90 au-dessus des plus basses mers. Leur hauteur a été de 6m,09 au moins, de 8m,25 au plus et en moyenne de 6m,98. L'épaisseur des murs construits dans les intervalles entre les puits, a été de 1m,50 à la base et de 1m,20 au sommet.

Pour la construction de chaque puits, on commença par dresser, au moyen d'un rechargement fait avec de l'argile, la surface de la vase au point où le puits devait être établi. Sur cette vase ainsi préparée, on échouait, à mer descendante, une plate-forme composée de deux plateaux en charpente superposés à joints croisés, et formés de madriers en sapin de 0m,20 de largeur et de 0m,10 d'épaisseur. Au centre de cette plate-forme se trouvait un vide correspondant au vide du puits. La plate-forme échouée, on élevait immédiatement, et jusqu'à 1 mètre de hauteur, les premières assises du contour; après quoi, on procédait progressivement au déblaiement intérieur et à l'élévation des maçonneries. Un enfoncement de 0m,25 à 0m,30 suffisait pour empêcher l'introduction de l'eau par-dessous; mais il y avait à épuiser, à chaque marée, l'eau de mer dont s'étaient remplis les puits pendant la marée montante. On réglait la descente du puits en minant plus ou moins le sol au-dessous de la plate-forme, et, au besoin, en interposant des obstacles dans les points où le sous-sol ne résistait pas suffisamment. Quand, par un sondage ou par le changement de la nature du sol, on avait reconnu que le dessous de la plate-forme n'était plus qu'à 0m,70 ou 0m,80 au-dessus du rocher, on arrêtait la descente du puits, en interposant des billots en bois en quatre points voisins des angles; après quoi, on procédait, par parties, à l'exécution en sous-œuvre de toute la portion des maçonneries de contour restant à faire entre le rocher au préalable convenablement dressé et le plan inférieur de la maçonnerie précédemment faite.

Pour l'exécution des murs reliant entre eux les puits, on a, dans le prolongement de chacune des faces antérieures et postérieures des puits consécutifs, établi des vannages arasés au niveau de la vase, qui était généralement à 2 mètres au-dessus des basses mers; puis, entre ces vannages, on a, dans chaque intervalle des puits maçonnés, opéré le dragage et formé ainsi un puits intermédiaire, dans

lequel on a élevé le mur suivant les épaisseurs indiquées ci-dessus.

Le cube total des maçonneries et charpentes qui sont entrées dans la construction de l'ensemble du batardeau, a été de 2,485^{m},46; la surface développée du parement, du côté de la mer, était de 776^{m},69 : l'épaisseur moyenne du batardeau a donc été de 3^{m},03. La hauteur d'eau dont il a eu à supporter la charge, a été au minimum de 0^{m},98; au maximum, de 8^{m},03; en moyenne, de 6^{m},78.

Ce batardeau a parfaitement résisté aux plus fortes marées: il ne laissait passer que des suintements dont le produit n'a jamais excédé 160 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures. A l'abri de cet ouvrage provisoire, on a exécuté, du 1er mai 1858 au 26 juin 1861, une fouille dont la superficie a atteint 1,562 mètres carrés, et qui a été descendue jusqu'à 7^{m},30 en contre-bas du niveau des basses mers, c'est-à-dire à 6^{m},30 au-dessous du niveau moyen de fondation des puits.

Les dépenses pour la construction du batardeau se sont élevées en totalité à la somme de 116,544 fr. 10 c.; soit par mètre courant 1,045 francs : dépense tout au plus égale à celle qu'eût nécessitée un mur plein, dont la construction eût présenté des difficultés en raison des conditions locales et eût exigé plus de temps; et notablement inférieure à celle d'un batardeau en terre maintenu dans des coffrages en charpente, qui n'eût pas offert les mêmes garanties de sécurité.

Les travaux ont été projetés et exécutés sous les ordres de M. Chatoney, ingénieur en chef, par MM. Laroche et Lebouëdec, ingénieurs des ponts et chaussées.

Tête de l'écluse de la Citadelle et forme de radoub du bassin de l'Eure, au Havre. — Les dimensions de l'écluse de la Citadelle ont été calculées en vue d'y recevoir, non-seulement les navires les plus forts en usage aujourd'hui, mais

encore ceux qui pourraient être ultérieurement construits sur un plus grand modèle, dans une mesure proportionnée aux passes du port de New-York, avec lequel le port du Havre a ses principales relations.

La largeur de l'écluse est de 30m,50; et le creux de la passe de 8m,50, en pleine mer de mortes-eaux.

Les grands navires auxquels l'écluse est destinée ne pouvant entrer dans le port que pendant l'étale, l'écluse n'a point de sas. Elle est pourvue de deux portes d'èbe destinées à faire chacune, au besoin et par exception, le service du bassin sans le concours de l'autre, et se partageant la charge, en temps ordinaire. Les conditions d'établissement et de service du bassin à flot ne permettraient pas qu'on y laissât descendre l'eau au niveau des basses mers; et c'est principalement pour se prémunir contre tout accident fortuit qui aurait pu amener un pareil abaissement du plan d'eau, qu'on a établi une double paire de portes. Ces portes sont en bois. Chaque vantail a une largeur de 17m,50, une hauteur de 9m,80, et une épaisseur au milieu de 1m,90. Une porte-valet appliquée à chaque vantail le maintient clos, et empêche son batillement sous l'effet du ressac, au moment du plein et par les vents du large. Un pont tournant en tôle, à double voie avec trottoirs, surmonte l'écluse. Il est composé de deux volées, de 29m,58 d'ouverture chacune, qui se manœuvrent en même temps, en deux minutes pour l'ouverture, et en trois ou quatre minutes pour la fermeture.

L'écluse, les portes et le pont, dont les décomptes d'entreprises ne sont pas encore réglés, ont été évalués ensemble à la somme de 3,468,340 francs.

La forme de radoub du bassin de l'Eure a les dimensions suivantes :

Largeur sur les tins.	130 mètres.
Longueur de l'écluse d'entrée	30
Tirant d'eau sur le seuil d'entrée, en vive-eau.	9
— — en morte-eau.	7

L'ensemble de l'ouvrage comprend : un radier général en béton de 5m,50 d'épaisseur au minimum; une écluse d'entrée; deux bajoyers parallèles, réunis, du côté opposé à l'entrée, par un hémicycle; cinq grands escaliers avec glissières; six petits escaliers de service; deux aqueducs d'introduction de l'eau, un aqueduc de mise en communication avec le puisard, et le puisard lui-même. L'écluse d'entrée se ferme au moyen d'un bateau-porte en fer.

La forme de radoub, le puisard, les machines et le bateau-porte, ont été évalués ensemble à 4,251,400 francs.

L'écluse de la Citadelle et la forme de radoub du bassin de l'Eure, au Havre, ne présentent, ni l'une ni l'autre, aucune disposition principale absolument nouvelle; c'est par leurs proportions qui sont des plus grandes, par leurs dispositions sagement combinées et par leur bonne exécution, que ces ouvrages, qui font partie de l'ensemble très-considérable de travaux exécutés ou en cours d'exécution pour l'extension du port du Havre, se recommandent surtout à l'attention.

Les ouvrages ont été exécutés sous la direction immédiate de M. Bouniceau, ingénieur en chef du port du Havre, par MM. Lemaître et Bellot, ingénieurs des ponts et chaussées.

Vantail d'une porte de l'écluse de Saint-Nazaire.—Chacun des vantaux des portes de l'écluse de 25 mètres d'ouverture du port de Saint-Nazaire, a 15m,96 de largeur totale et 10 mètres de hauteur. Son épaisseur, de 1m,60 au milieu, se réduit aux deux bords latéraux à 0m,60. La face d'aval est plane; la face d'amont est courbe et tracée suivant un arc de cercle concentrique à celui qui passe par l'angle intérieur des chardonnets et par la pointe du busc.

Il n'y existe pas de poteau tourillon ni de poteau busqué: l'office que ces poteaux remplissent dans les portes du mode de construction le plus ordinaire, est rempli, dans les portes de Saint-Nazaire, par des feuilles de tôle de 0m,010 d'épais-

seur, bordant, sur toute la hauteur, les extrémités latérales de chaque vantail, et se repliant, sur les faces d'amont et d'aval, de la quantité nécessaire pour embrasser et assujettir solidement, au moyen de plaques de jonction intérieures et de fonds en tôle et d'autres pièces accessoires en fer, les abouts des seize entretoises en bois et des trois entretoises en fer que comprend chaque vantail.

Chaque entretoise en bois n'est autre chose qu'une poutre armée, formée d'un entrait de 0m,40, de quatre pièces de 0m,20 chacune, courbées à l'étuve et assemblées à leurs extrémités, avec l'entrait, et des tasseaux, étriers et boulons nécessaires.

Treize de ces entretoises superposées et comprises entre deux entretoises en fer, constituent la partie inférieure de chaque vantail. Les trois autres sont respectivement espacées de 0m,95, 0m,90 et 2 mètres; des calages en bois et des cadres en fer maintiennent l'écartement de ces dernières. La troisième entretoise en fer coiffe l'entretoise en bois supérieure. Quinze clefs verticales, battues à la sonnette après la pose des entretoises supérieures, complètent la charpente. Un bordage vertical en madriers de 0m,086 d'épaisseur, revêt toute la face courbe d'amont, et un bordé étanche en tôle de 0m,005 d'épaisseur, toute la partie de la face plane d'aval comprise entre les deux entretoises en métal supérieures.

Les deux paires de portes de l'écluse de 25 mètres d'ouverture du port de Saint-Nazaire ont été construites dans le système qui vient d'être indiqué: la première, en 1856, sur les dessins et sous la direction de feu M. Alexandre Watier, ingénieur des ponts et chaussées; et la seconde, en 1858, par M. Leferme, ingénieur des ponts et chaussées.

La paire de portes de 1858, exécutée en régie, a coûté 192,464 fr. 31 c.

Ce qui caractérise les portes dont il s'agit, c'est la suppression de toutes les pièces de bois d'un équarrissage excep-

tionnel, qui deviennent de plus en plus rares et chères. Quelques améliorations de détail, plus ou moins nouvelles, ont d'ailleurs été introduites dans leur exécution.

Dérasement de la roche la Rose, à Brest. — La roche la Rose formait, à l'entrée du port militaire de Brest, et presque au milieu du chenal, un dangereux obstacle aux mouvements d'entrée et de sortie des navires. On s'est proposé de faire disparaître cet écueil.

Composé d'un gneiss très-dur et très-compacte entremêlé de filons de quartz, cette roche affectait la forme d'un mamelon isolé dont le sommet n'était qu'à $0^m,77$ au-dessous du niveau des plus basses mers d'équinoxe, et dont les parois inclinées s'enfonçaient, à une profondeur de 5 à 6 mètres au-dessous du même niveau, dans la couche de sable qui tapisse le fond du port. On l'a dérasée jusqu'en un point assez bas pour que la couche de sable, en s'étendant, vînt la recouvrir et former sur son emplacement un matelas propre à atténuer les conséquences de circonstances accidentelles dans lesquelles quelques navires viendraient à toucher le fond.

Pour opérer la dislocation de la roche et sa division en fragments, on a employé la poudre, sans perforation de trous, en utilisant la charge résultant de la hauteur de l'eau sur la roche. A cet effet, un plongeur muni d'un scaphandre allait, au moment de la pleine mer, déposer, sur la partie de la roche qu'on voulait désagréger, une charge de 50 à 60 kilogrammes de poudre, contenue dans une touque en grès ou bombonne à acides. Le feu était communiqué à la poudre au moyen d'une mèche ou fusée Bickford à enveloppe en gutta-percha. L'enlèvement des fragments s'effectuait au moyen d'une chèvre, au fur et à mesure qu'un plongeur à scaphandre les élinguait, les prenait dans les mâchoires d'une tenaille articulée, ou les plaçait dans des caisses métalliques à claire voie, suivant leur volume. Afin de réduire autant que possible la fatigue des plongeurs et

de rendre leur travail plus facile, en le limitant aux heures pendant lesquelles ils pouvaient recevoir sous l'eau une lumière suffisante, on s'est constamment imposé pour règle de ne faire opérer l'enlèvement des blocs qu'entre les heures des niveaux moyens précédant et suivant la basse mer.

Les appareils d'extraction des déblais, la pompe du scaphandre, divers autres apparaux et les cabanes servant de vestiaire aux plongeurs, reposaient sur un échafaudage flottant, composé de deux radeaux, jumelés parallèlement, au moyen de bordages, de manière à laisser entre eux un intervalle dans lequel se manœuvraient les échelles des plongeurs. Amarré sur quatre ancres, cet échafaudage pouvait à volonté être maintenu fixe sur le lieu du travail, ou être rapidement écarté et bientôt après ramené en place, quand l'entrée ou la sortie d'un grand navire nécessitait cette manœuvre.

L'atelier se composait de neuf ou dix hommes, y compris le chef; sur cet effectif, il y avait toujours six, sept ou huit plongeurs, se relayant à tour de rôle pour le travail sous-marin, et employés, dans les intervalles, aux manœuvres de la pompe à air et du treuil, ainsi qu'à la conduite du tuyau d'air et du cordon de sûreté du plongeur. Pour plus de sécurité, un seul plongeur travaillait à la fois. La durée du travail journalier d'extraction des matériaux était de six à sept heures (trois heures ou trois heures et demie avant la basse mer et autant après). Ce travail était exécuté par trois plongeurs qui se succédaient, et qui restaient ainsi sous l'eau chacun deux heures environ, soit sans interruption, soit en deux reprises. Il produisait en moyenne 2 mètres cubes de déblais emmétrés, correspondant à 1^{m},60 de roc massif.

Le nombre des mines tirées, à haute mer, sous une charge qui a varié de 7 à 13 mètres, a été généralement de douze par mois, réparties, à raison de deux par jour, sur les six jours les plus voisins des syzygies. A part les chômages et les interruptions accidentelles déterminés par les fêtes et dimanches,

les mauvais temps, etc., l'opération a été continuée, sans interruption, du mois de mai 1857 à la fin de septembre 1861. Le volume de rocher enlevé pendant ces quatre ans et quatre mois, représente environ 2,000 mètres cubes. La quantité de poudre de mine consommée pour effectuer ce travail, ayant été de 25,872 kilog., il a fallu en moyenne 12^{kil},94 de poudre pour désagréger 1 mètre cube de roc. La dépense totale ayant été de 64,502 fr. 30 c., le prix de revient du déblai a été, en nombre rond, de 35 francs par mètre cube de roc massif.

L'opération de dérasement de la roche la Rose s'est accomplie sans qu'on ait eu à regretter aucun accident, malgré les conditions difficiles et parfois dangereuses dans lesquelles se trouvaient placés les plongeurs. Elle a été exécutée, sous la direction de M. Dehargne, ingénieur en chef, par M. Verrier, ingénieur des ponts et chaussées.

Il y a, dans ce travail, une application bien conduite et heureusement accomplie, sur de notables proportions, d'un procédé qui, sans être peut-être en principe absolument nouveau, n'avait point, paraît-il, été jusqu'alors employé en Europe.

§ 5. — Phares.

Phare des Barges sur un rocher, à 6 kilomètres du port des Sables.—Le phare des Barges, commencé en 1857 et terminé en 1861, est situé à l'ouest du port des Sables-d'Olonne, à 2,100 mètres de la côte, sur le plateau de la grande Barge-d'Olonne, qui est entièrement sous-marin, à l'exception de quelques aiguilles qui s'élancent çà et là par groupes isolés.

Les courants des marées ne sont pas très-forts sur ce plateau ; mais la mer y est d'une violence extraordinaire : à ce point qu'actuellement, dans les gros temps, les paquets de mer s'élèvent contre la tour à plus de 30 mètres de hauteur, et retombent avec force sur la coupole du phare.

L'aiguille sur laquelle on a dû s'établir pour trouver une

assiette suffisamment sûre, est une des plus exposées aux coups de mer du large. Son niveau moyen ne dépassait que de 0m,50 les basses mers de vives-eaux ordinaires, et se trouvait à 0m,80 au-dessous des basses mers de mortes-eaux; il a fallu, en certains points, descendre les fondations jusqu'à 1m,20 au-dessous du niveau moyen, c'est-à-dire jusqu'à 0m,70 en contre-bas du niveau des basses mers de vives-eaux ordinaires. Le dérasement du roc, pour l'établissement du lit de fondation, n'a pas exigé moins de deux campagnes tout entières, celles de 1857 et 1858.

Dès le commencement des travaux, on reconnut la nécessité de se couvrir contre les lames par des ouvrages accessoires destinés à faciliter les débarquements, et à permettre d'utiliser le plus grand nombre possible de marées aussitôt que l'ouvrage principal commencerait à dominer le niveau des hautes mers. Ces ouvrages accessoires, dont la dépense peut être évaluée à 80,000 francs, ont été commencés en 1858, continués en 1859, et terminés seulement au commencement de la campagne de 1860. En même temps que s'exécutaient ces ouvrages, on travaillait à la construction principale toutes les fois qu'on le pouvait. On acheva, en 1858, le dérasement du rocher; on parvint, en 1859, à débarquer et à poser les premières assises du phare : c'est dans l'exécution de ces premières assises que tout naturellement se rencontraient les plus grandes difficultés à surmonter. Une cause sérieuse de retard dans la marche des travaux, provenait du goëmon qui, à chaque interruption de quelques jours, recouvrait les portions de rocher encore à nu, les pierres de granit et la maçonnerie de blocage. Il était indispensable d'enlever ce goëmon pour bien relier les diverses parties des maçonneries entre elles et au rocher; on a réussi à faire cette opération d'une manière expéditive et complète, par l'emploi de l'acide chlorhydrique, qui détruisait l'élément calcaire au moyen duquel la racine de la plante se fixe sur le rocher et sur les maçonneries.

Le modèle représente les apparaux au moyen desquels s'est exécutée la construction : ils étaient disposés de manière à pouvoir être, à chaque interruption de travail, rabattus dans la position offrant le moins de prise à la mer.

Les travaux ont été achevés en 1861 ; l'éclairage a été installé le 5 octobre de la même année. Dans les cinq années, de 1857 à 1861, trois cent vingt-neuf marées seulement ont pu être plus ou moins complétement utilisées pour la construction du phare : ce qui a donné mille neuf cent soixante heures de travail possible, sur lesquelles trente-sept heures trois quarts seulement en 1857 et quarante-cinq heures et demie en 1858.

Le phare est construit d'après le type adopté pour les phares en mer de troisième ordre, et consiste en une tour ayant 24m,81 de hauteur au-dessus du niveau moyen du rocher, surmontée elle-même d'une tourelle en maçonnerie et d'une lanterne, qui portent le plan focal à 23m,16 au-dessus des plus hautes mers d'équinoxe. Un massif de maçonnerie pleine, qui s'arrête à 4 mètres au-dessus du niveau des hautes mers, forme le soubassement de la tour. Ce soubassement affecte, en profil, une courbure elliptique qui lui donne un empâtement convenable : son diamètre est de 12 mètres à la base, et de 6m,50 à la partie supérieure. Le massif est exécuté en maçonnerie de moellons, à l'exception du parement qui est en pierres de taille.

Le dépense totale s'est élevée à 450,000 francs.

Les travaux ont été exécutés sous la direction de M. Forestier, ingénieur en chef des ponts et chaussées. Commencés par M. Legros, aujourd'hui ingénieur en chef du port de Boulogne, ils ont été continués depuis 1858 et menés à terme par M. Marin, ingénieur des ponts et chaussées, qui, dans l'exécution de ce travail difficile, a déployé beaucoup d'intelligence et d'énergie.

Phare en métal pour la Nouvelle-Calédonie. — Les attérages

de Port-de-France, de la Nouvelle Calédonie, doivent être signalés par un phare de premier ordre à feu fixe, dont le foyer dominera de 50 mètres environ le niveau des plus hautes mers. Ce phare sera établi sur la plage ou sur l'un des îlots voisins. La colonie est trop dépourvue de ressources pour qu'on ait pu songer à le construire en maçonnerie : il a été décidé qu'on l'exécuterait en fer.

Dans les ouvrages de ce genre construits jusqu'à présent, le corps du phare consistait en une colonne simplement formée de feuilles de tôle plus ou moins épaisses réunies par des rivets. Cette disposition a le défaut de faire dépendre la solidité de l'édifice d'une enveloppe qui, fort exposée à l'oxydation, ne saurait avoir qu'une durée très-limitée, dans des circonstances surtout où l'entretien court le risque d'être négligé. En outre, elle nécessite, pour l'établissement de la construction, des opérations, telles que l'installation de grands échafaudages et la pose de rivets, qui seraient d'une exécution difficile dans une colonie comme celle dont il s'agit. Le système de construction du phare destiné à la Nouvelle-Calédonie n'a point ces inconvénients; il n'implique d'ailleurs l'emploi d'aucune pièce de dimensions ou de poids qui puissent présenter des difficultés pour l'embarquement, le débarquement ou le montage.

L'ossature de la construction consiste essentiellement en seize montants en fer, composés chacun, en hauteur, de quatorze panneaux. Ces panneaux, formés de fers à simple T assemblés et rivés d'une manière invariable, seront, lors du montage, boulonnés les uns sur les autres, et maintenus dans leur position par des entretoises horizontales également boulonnées. Les feuilles de tôle qui constitueront l'enveloppe auront leurs joints couverts par des plates-bandes en fer boulonnées tant sur les entretoises extérieures que sur les côtés extérieurs des panneaux. Chaque montant sera, à son pied, fixement établi et boulonné sur un grand patin en fonte noyé dans un massif en béton. A son sommet, il por-

tera une console en fonte qui soutiendra, en encorbellement, la plate-forme nécessaire au service extérieur de la lanterne. La tour est profilée de manière à avoir à la base un large évasement, dont on profitera pour établir, dans le soubassement de l'édifice, deux rangs superposés de logements et de magasins. L'escalier est exécuté en fonte avec limon en fer laminé. Le limon, qui s'appuiera contre la paroi de la cage, sera boulonné sur toutes les pièces de l'armature qu'il rencontrera, et contribuera ainsi à compléter la rigidité du système. Le reste de la construction ne présente pas de dispositions qu'il puisse y avoir lieu de signaler ici.

Le prix total de la partie métallique du phare livrée à Paris est de 205,000 francs.

Le projet a été dressé par M. Léonce Reynaud, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur du service des phares. Les travaux ont été exécutés sous la surveillance de MM. Victorin Chevalier et Allard, ingénieurs en chef des ponts et chaussées.

A l'occasion de cet ouvrage, l'attention du jury a été appelée sur les titres que l'administration des ponts et chaussées, ici représentée par le service des phares, s'est acquis à la gratitude du commerce de toutes les nations, par les perfectionnements de tous genres et les extensions réalisés depuis dix ans dans l'éclairage des côtes de la France continentale et des colonies françaises ; et ce fait, en particulier, a été signalé, que, depuis 1851, il a été construit, en France ou dans les colonies françaises, cent un nouveaux phares, auxquels il y aura bientôt à en ajouter vingt autres actuellement en cours d'exécution.

§ 6. — Nivellement général de la France.

Atlas du nivellement général de la France, exécuté sous la direction de l'administration des ponts et chaussées. — Dans le courant de 1857, M. Bourdaloue, qui s'était fait connaître

par des travaux remarquables de nivellement, proposa d'exécuter le nivellement général de la France, en prenant pour type un travail dont il avait doté le département du Cher. Il s'agissait surtout de rendre plus faciles et plus sûres les opérations relatives à l'établissement des voies de communication, à la détermination des pentes des cours d'eau, aux études de drainage et d'irrigation. Pour atteindre ce but, il fallait que le nivellement proposé fît connaître les altitudes du sol d'une manière très-détaillée, et avec un degré d'exactitude et de précision que n'avait offert jusqu'alors aucun travail général. Dans ces conditions, l'entreprise devait exiger des dépenses considérables. L'Administration, après s'être convaincue de l'utilité de l'œuvre qui lui était proposée, en décida l'exécution, et jugea qu'elle ne pouvait mieux faire que d'en charger M. Bourdaloue.

La première partie de l'entreprise, destinée à fixer les repères fondamentaux, a été commencée en septembre 1857, et sera terminée à la fin de la présente année. La carte d'ensemble faisant partie de l'Atlas, indique la situation de cette opération au 31 mars 1862. Les lignes de base nivelées avaient, à cette date, un développement d'environ 10,000 kilomètres, y compris les lignes du cours du Rhône, depuis le lac de Genève jusqu'à la Méditerranée, et du cours de la Loire depuis Briare jusqu'à l'Océan, nivelées à une époque antérieure, par M. Bourdaloue, dans les mêmes conditions de précision.

Au début des opérations, on a dû rapporter les altitudes des diverses lignes à des plans horizontaux provisoires. Quand le travail s'est trouvé plus avancé, il a fallu faire choix d'un plan unique de comparaison : un arrêté de M. le ministre des travaux publics, en date du 13 mars 1860, a décidé que le plan général de comparaison serait déterminé par le niveau moyen de la mer à Marseille.

A l'égard des procédés suivis et des instruments employés, nous sommes forcé de nous borner aux indications suivantes :

Après s'être tracé un réseau de lignes de base, on a posé sur ces lignes, de distance en distance, des repères métalliques invariables, à raison d'un repère par kilomètre en moyenne; puis, les différences de niveau ont été déterminées de proche en proche au moyen de nivellements de précision. Afin d'avoir toute garantie relativement à l'exactitude des résultats, on s'est imposé pour règle de multiplier les nivellements de manière à avoir au moins six déterminations de la cote de chaque repère; et, en cas de défaut de concordance suffisante entre ces six déterminations, de recommencer les nivellements jusqu'à ce que toute incertitude eût disparu.

Les nivellements sont faits au moyen de niveaux dits d'*ingénieur*, à lunette et à bulle d'air, construits sous la direction de M. Bourdaloue, et de mires dites *parlantes*, qui permettent au niveleur de lire lui-même la cote. Chaque cote est constatée par deux lectures et deux inscriptions, indépendantes l'une de l'autre.

Le contrôle de tout le travail est confié à un ingénieur des ponts et chaussées résidant à Paris, à qui les carnets d'observations sont adressés *à la fin de chaque journée*. Cet ingénieur s'assure que les inscriptions y sont régulièrement établies, sans altération ni surcharge, et les signe *ne varietur;* de telle sorte qu'à toute époque le degré de concordance d'opérations diverses peut être vérifié sur pièces authentiques. M. Breton (P. Émile) a été chargé de ce contrôle depuis le commencement de l'entreprise jusqu'aujourd'hui.

Dans l'état actuel des opérations, il y a lieu d'admettre que, d'une extrémité de la France à l'autre, les altitudes déterminées sont exactes à moins de trois centimètres près. Un pareil résultat pourra paraître surprenant; il trouve son explication dans les soins aussi habiles que scrupuleux et dans les procédés de vérifications si multipliées, qui ont été appliqués à l'accomplissement de cette œuvre.

Le nivellement général de la France est le travail de ce

genre le plus étendu qui ait été exécuté avec ce degré de précision.

§ 7. — Appareils et objets divers.

Avant de passer à la division anglaise, nous avons quelques mots à dire d'objets exposés dans la division française, en dehors de la collection réunie par les soins du ministère des travaux publics de France.

M. Bouquié, ingénieur civil, a exposé le modèle de dispositions qu'il a combinées, à l'effet de réaliser un *système économique de halage à vapeur* sur les canaux et rivières, sans rien changer au matériel actuel de la batellerie. Dans ce système, chaque bateau se remorquerait lui-même, sur chaîne noyée, au moyen d'une machine à vapeur locomobile, arrêtée, à l'avant du bateau, sur un châssis mobile, portant la roue en fonte destinée à recevoir les mailles de la chaîne noyée. Des expériences officielles, faites, il y a quelques mois, sur le canal Saint-Denis, la rivière d'Oise et le canal Saint-Quentin, ont constaté : qu'avec l'appareil de M. Bouquié, le remorquage d'un bateau flamand du port de 240 tonneaux est aisément effectué par une locomobile de quatre chevaux, avec une vitesse moyenne d'au moins 3 kilomètres à l'heure ; et que le passage des écluses, et les croisements avec des bateaux halés par des chevaux à la manière ordinaire ou avec des bateaux se halant en sens inverse sur la même chaîne, s'opèrent avec la plus grande facilité. L'application de ce système de touage paraît à la veille de se faire sur la ligne entière de Mons à la Seine. Il est à désirer, en raison des conséquences qui s'ensuivraient pour les conditions des transports sur le vaste réseau de nos voies navigables, que les résultats de cette entreprise répondent à ce qu'il paraît permis d'en espérer.

M. Castor, entrepreneur de travaux publics, a réuni dans un atlas de planches gravées les principaux *appareils à*

vapeur qu'il a employés pour l'exécution de divers grands ouvrages de navigation et de chemins de fer, et notamment pour l'établissement des fondations du pont de Kehl sur le Rhin et du pont en cours de construction sur la Seine à Argenteuil. On remarque dans ce recueil des machines à draguer, des machines élévatoires, des grues, des sonnettes, etc., le tout mû par la vapeur. Ces appareils puissants et ingénieusement disposés ont, sans aucun doute, contribué au succès des importants travaux pour lesquels ils ont été utilisés.

M. Cabirol a exposé, en même temps que des scaphandres (appareils de plongeur) bien établis, une *lampe sous-marine* qui paraît appelée à rendre des services à la marine et aux constructeurs de travaux hydrauliques. Les essais qui en ont été faits en divers lieux, et notamment à une grande profondeur dans le puits de Passy, ont été tout à fait satisfaisants. Il est désirable que le constructeur arrive à livrer cette lampe à un prix assez modéré pour que l'usage s'en répande.

MM. Michel frères ont exposé, avec quelques échantillons d'un ciment qu'ils exploitent sous le nom de ciment de la Valentine, un atlas contenant les dessins d'ouvrages qu'ils ont exécutés avec ce ciment en France et à l'étranger. On y remarque : le *pont de la Gly*, construit pour le passage du chemin de fer de Narbonne à Perpignan, lequel comprend sept arches biaises, en arc surbaissé au dixième, chacune de 24 mètres d'ouverture suivant la section droite, avec voûtes de 75 centimètres seulement d'épaisseur à la clef; et les *passerelles de la gare de Milan,* de 20 et 25 mètres d'ouverture chacune, de 1^m,70 de flèche, et n'ayant d'épaisseur, aux naissances, que 28 centimètres y compris la chape, et à la clef, que 34 centimètres y compris la chape et le pavage en ciment. Les constructions hardies et d'une légèreté extrême qu'on exécute en briques et ciment, depuis un certain nombre d'années déjà, peuvent trouver leur application dans bien des cas. Ce n'est pas avec le ciment de la Valentine ex-

clusivement qu'il est possible de les exécuter; mais les ouvrages de ce genre, dans lesquels il a été fait emploi d'autres ciments, ne se trouvaient pas représentés à l'Exposition.

CHAPITRE II.

TRAVAUX EXÉCUTÉS DANS DIVERS AUTRES PAYS.

ANGLETERRE.

§ Ier. — Ponts et viaducs.

Pont de Chepstow, sur la Wye. (Chemin de fer du South-Wales.) — Le pont de Chepstow, exécuté de 1850 à 1852, a valu à son auteur une médaille de première classe à l'Exposition universelle de 1855. Depuis cette époque, il a été décrit dans plusieurs publications françaises : il est aujourd'hui très-connu. Nous nous bornerons à rappeler succinctement les dispositions fondamentales par lesquelles il se distingue.

Indépendamment de trois travées métalliques de 30m,50 d'ouverture chacune qui lui servent d'abords par un de ses côtés, cet ouvrage comprend une grande travée de 93 mètres, la seule dont il y ait à s'occuper ici. La superstructure de cette travée est, à proprement parler, composée de deux ponts accolés, portant chacun une des voies du chemin de fer. Chacun de ces ponts est formé d'un très-petit nombre de pièces principales : à la partie supérieure, à une hauteur de plus de 16 mètres au-dessus du tablier, un tube en tôle, de section circulaire, de 2m,75 de diamètre, légèrement courbé en arc dans le plan vertical de façon à présenter vers le bas une concavité d'environ 1/45 de flèche; à la partie inférieure, deux poutres en tôle formant garde-corps, de 2m,30 de hauteur, supportant en leur point le plus bas les pièces

de pont, les entretoises et la voie de fer; à chacune des extrémités, sur une culée et sur une pile, un portique en fonte, recevant et maintenant dans leurs positions relatives un des abouts du tube et les abouts des poutres; dans l'espace intermédiaire, deux forts chevalets en tôle, divisant en trois intervalles égaux, d'environ 30 mètres chacun, la distance comprise entre les deux portiques, et unissant solidairement le tube supérieur à chacune des poutres garde-corps; sur chaque face de tête, quatre chaînes en fer forgé, reliant en diagonale le pied de chaque chevalet, d'une part, à la tête de l'autre chevalet, et d'autre part, à l'about du tube emboîté au sommet du portique le plus proche; enfin, dans le plan de ces chaînes, et allant du pied d'un chevalet au pied de l'autre, des chaînes de même genre, complétant le polygone funiculaire, et servant à régler le serrage et la distribution des tensions dans les diverses parties du système. Ainsi qu'on le peut voir par ces indications sommaires, chacune des deux superstructures métalliques qui, ensemble et accolées, constituent la grande travée du pont de Chepstow, n'est autre chose qu'une gigantesque poutre armée, dans la composition de laquelle on s'est appliqué à distribuer le fer suivant les conditions les plus favorables à son effet utile et à la stabilité de la construction. C'est en poursuivant le même ordre d'idées, par des combinaisons analogues appliquées encore sur une plus grande échelle, que M. Brunel a adopté, pour la superstructure du pont de Saltash, les dispositions que nous allons décrire.

Pont de Saltash, sur la Thamar. (Chemin de fer de Cornouailles.) — Le pont de Saltash, connu aussi sous le nom de Royal-Albert, présente deux travées principales, ayant chacune une ouverture de 139 mètres. Il est à une seule voie, offrant une largeur de 5^{m},13 entre les âmes des garde-corps. Le plan inférieur de son tablier est élevé à 30^{m},50 au-dessus du niveau des hautes mers de vives-eaux, 36 mè-

tres au-dessus des plus basses mers. La pile qui sépare les deux grandes travées a été fondée à 19m,60 au-dessous de ce dernier niveau.

Ce grand ouvrage est également remarquable par le système de sa superstructure et par les procédés pleins d'originalité et de hardiesse qui ont été employés pour la fondation de la pile, dans les conditions si exceptionnelles qui viennent d'être indiquées.

La superstructure de chacune des deux grandes travées de 139 mètres comprend, comme éléments essentiels :

1° A la partie supérieure, à une hauteur de 20 mètres au-dessus de la table inférieure du tablier, un tube en tôle, de section elliptique, de 5m,11 de largeur sur 3m,66 de hauteur, courbé en arc dans le plan vertical, de façon à présenter une concavité vers le bas d'environ 1/15 de flèche;

2° Dans chaque plan de tête, un cours de chaînes en barres de fer, allant de l'une à l'autre des extrémités du tube, en décrivant au-dessous de l'horizontale une trajectoire polygonale symétrique à l'arc de courbure de l'axe du tube;

3° Entre le tube et les chaînes, des chevalets verticaux en tôle, fortement armés, placés perpendiculairement aux plans de tête, à des intervalles de 11 à 12 mètres l'un de l'autre, en façon de portiques au-dessus de la voie, reliant et maintenant dans leurs positions relatives le tube supérieur et les chaînes des plans de tête, et se prolongeant au-dessous de ces chaînes, de manière à embrasser par leurs extrémités inférieures les poutres garde-corps;

4° Deux poutres garde-corps en tôle, à double T, de 2m,44 de hauteur, suspendues au tube et aux chaînes par les prolongements des chevalets et par des tiges pendantes partant de la chaîne dans le milieu de chaque espace intermédiaire, et portant, à leur partie inférieure, les pièces de pont, les contrevents, les madriers de recouvrement, et la voie de fer;

5° Dans chaque trapèze mixtiligne formé par la généra-

trice latérale du tube, la chaîne, et les bords montants des chevalets, une croix de Saint-André reliant et maintenant dans leurs positions relatives les quatre points d'attache qui déterminent les angles du trapèze;

6° A chacune des extrémités, sur la pile et sur l'une des culées, un portique en fonte, recevant et supportant l'about du tube et les abouts des poutres garde-corps.

La section du tube est maintenue par des diaphragmes annulaires en tôle, correspondant aux chevalets et aux milieux des espaces intermédiaires. Les chaînes de tension sont composées de chaînons en fer méplat, réunis en nombre alternativement pair et impair, dont les extrémités élargies pénètrent les unes entre les autres et sont assemblées par un boulon. Chaque chaîne est formée de deux cours superposés de chaînons, comprenant ensemble, dans chaque section, vingt-huit ou trente barres alternativement. Aux points d'assemblage du tube et des chaînes, la forme extérieure du tube est modifiée, ses armatures intérieures sont fortifiées, et les barres des chaînes sont groupées, de manière à constituer, sur ces points, les modes d'attache les plus solides. A leur partie supérieure, les chevalets se soudent au tube, sur une assez large surface, au moyen de goussets mixtilignes et de fortes cornières; ils sont, entre leurs montants, contreventés par deux croix de Saint-André superposées, et occupant tout l'espace compris entre le tube et la limite de la hauteur à réserver libre au-dessus de la voie, pour le passage des trains. A son extrémité sur la pile centrale, le tube, convenablement renforcé, comme on l'a dit, et terminé inférieurement par une face plane, est directement boulonné sur le portique en fonte qui surmonte la pile ; à l'autre extrémité, il repose sur le portique de la pile culée par l'intermédiaire de vingt-quatre rouleaux de friction, de telle sorte que les effets de la dilatation puissent se produire librement. Il est néanmoins rattaché à cette pile-culée par une bielle articulée, dont la longueur est assez grande pour que les petits arcs que son extrémité fixée

au tube peut décrire, se confondent sensiblement avec le petit trajet rectiligne et horizontal que cette partie du tube parcourt sous l'influence des variations de température.

A part la condition qui leur est commune, d'être fixement attachées par une de leurs extrémités à la pile centrale, les deux grandes travées sont absolument indépendantes l'une de l'autre.

La pile centrale a été fondée sur le rocher, à travers un banc de vase de 5m,20 d'épaisseur, à une profondeur de 25 mètres au-dessous des hautes mers et 19m,60 au-dessous des basses mers de vives eaux. Pour exécuter cette fondation des plus difficiles, on a eu recours à l'emploi de l'air comprimé, mais dans un ordre de combinaisons fort éloigné de tout ce qui avait été réalisé jusqu'alors.

On s'est proposé de construire la presque totalité de la pile suivant les procédés ordinaires, à air libre, dans l'intérieur d'un caisson en tôle de 26 à 27 mètres de hauteur, après qu'on aurait fixé la base de ce caisson sur le rocher, et qu'on aurait assuré l'étanchéité du fond, par l'établissement, au pourtour intérieur du caisson, d'une maçonnerie exécutée au moyen de l'air comprimé.

Voici les dispositions qu'adopta à ces fins M. Brunel :

Le caisson, de forme extérieure à peu près cylindrique, à base circulaire, a été composé de deux parties superposées : partie inférieure de 10m,67 de diamètre et de 9 mètres de hauteur ; partie supérieure de 11m,27 de diamètre et 17 mètres de hauteur. La partie inférieure était recouverte d'un dôme et formait cloche. A l'intérieur de la cloche, une enveloppe prismatique, concentrique à l'enveloppe extérieure, distante de celle-ci de 1m,20 en moyenne et descendant aussi bas qu'elle, était, par son bord supérieur, soudée au dôme, de façon à constituer entre elle et l'enveloppe extérieure un espace annulaire entièrement fermé par le haut et par les côtés et ouvert seulement par le bas. Cet espace se trouvait divisé par des cloisons dirigées suivant des plans passant par

l'axe du caisson et servant à maintenir l'écartement des enveloppes ; à la partie supérieure de chaque cloison était percée une ouverture qui permettait de passer d'une cellule à l'autre, dans tout le pourtour de l'espace annulaire. Une baie pratiquée dans la paroi de l'enveloppe intérieure, à la partie la plus élevée d'une des cellules, servait d'entrée dans un tube de tôle aboutissant à une cheminée verticale en tôle, de $1^m,83$ de diamètre, fermée par le bas, et coiffée par le haut, au-dessus du niveau des plus hautes eaux, par une chambre fermée, disposée de manière à remplir l'office de sas à air. Cette cheminée, dont la hauteur devait atteindre 20 mètres, s'appuyait, suivant une de ses génératrices, sur la paroi intérieure d'un cylindre de même hauteur qu'elle et de 3 mètres de diamètre, qui se trouvait lui-même maintenu en place et consolidé par des tirants et des contrevents rattachés à l'enveloppe de la partie supérieure du caisson. Ce cylindre intérieur, de 3 mètres de diamètre, avait le même axe que l'axe du caisson, et formait à sa base, dans le dôme du caisson inférieur, une ouverture égale à la superficie de sa propre section : tout l'intérieur de la cloche, à l'exception de l'espace annulaire, se trouvait ainsi en communication libre, par le bas avec l'eau, par le haut avec l'air.

La partie supérieure du caisson avait une double destination : 1° avant et pendant la période de l'exécution des maçonneries à établir dans l'espace annulaire, au moyen de l'air comprimé, servir de soutien au cylindre aboutissant au centre de la cloche et à la cheminée de communication avec l'espace annulaire ; 2° après que, par l'exécution de ces maçonneries, l'assiette du pied du caisson et l'étanchéité du fond auraient été obtenues, faire l'office d'un batardeau, à l'abri duquel on élèverait, à air libre, suivant les procédés ordinaires, les maçonneries de la pile. Dans la paroi de cette partie supérieure du caisson étaient ménagées des ouvertures munies de ventelles au moyen desquelles on pouvait introduire, entre l'enveloppe extérieure et le cylindre

central, une colonne d'eau plus ou moins haute, au-dessus de la calotte du dôme; ce qui donnait toutes facilités pour opérer rapidement, et à des conditions économiques, des modifications dans le lestage de l'ensemble de l'appareil. Ces facilités ont été d'une grande ressource dans les manœuvres de la mise en place.

Les préparatifs de la fondation étant ainsi disposés, il est aisé de se rendre compte des opérations qu'il s'agissait d'accomplir : mettre l'appareil en place et l'y maintenir; cela fait, par le jeu de moyens mécaniques extérieurs, comprimer l'air dans la cheminée, de manière à refouler l'eau et à l'expulser de cette cheminée et de l'espace annulaire; introduire des hommes par le sas à air; faire enlever par ces hommes la vase contenue dans cet espace; remplir, à partir du rocher et jusqu'à hauteur convenable, tout l'espace annulaire en maçonnerie hydraulique très-énergique; puis, après s'être assuré que l'enveloppe de maçonnerie ainsi construite serait suffisante pour faire obstacle à toute forte filtration des eaux, épuiser à l'intérieur du cylindre central; enlever les vases restées dans la partie centrale de la cloche; remplacer ces vases par des maçonneries; enlever la cheminée, le cylindre, le dôme, et élever progressivement les maçonneries de la pile.

C'est en effet ainsi qu'on a procédé, mais non sans être obligé, malgré l'extrême habileté déployée, de recommencer plusieurs fois certaines opérations avant de les mener à bonne fin; tant étaient grandes les difficultés de l'entreprise!

Le caisson avait été construit en entier sur la rive, disposé et lesté, de manière qu'il pût être enlevé dans la position voulue, par une grande marée de vive-eau. On le mit à flot au moment choisi, on l'amena et on l'amarra au-dessus d'un des points profonds de la rivière, on le redressa en faisant descendre le lest, on le fixa entre quatre pontons, on le transporta ainsi verticalement au-dessus de l'emplacement où il devait être coulé, et on le fit descendre en

le chargeant de poids (1). Mais, quoiqu'on eût découpé les bords du caisson de façon qu'ils s'ajustassent aux formes du rocher, dont les profils avaient été au préalable très-soigneusement relevés, l'opération ne réussit pas du premier coup : le caisson reposant sur le fond présentait un déversement considérable. Il fallut le relever. Le second échouage, opéré vingt jours plus tard, fut meilleur, mais non encore tout à fait satisfaisant; on s'en contenta néanmoins, et on redressa plus tard le caisson en modifiant en sous-œuvre la forme du rocher dans les parties correspondant à la fondation.

On avait pensé qu'en remplissant l'espace annulaire avec de la maçonnerie hydraulique en granit et ciment de Portland, sur une hauteur de $1^m,50$ à 2 mètres, on obtiendrait un batardeau suffisamment étanche pour protéger tous les travaux ultérieurs. Mais cette hauteur de maçonnerie ne put résister aux sous-pressions qui se manifestèrent dès qu'on cessa de comprimer l'air dans le restant de l'espace annulaire : toute la maçonnerie faite fut disloquée; il fallut continuer l'emploi de l'air comprimé jusqu'à ce que la maçonnerie d'enceinte eût été élevée à une hauteur de 5 mètres au-dessus du rocher.

Après tout, ce n'étaient là que des accidents partiels, des embarras momentanés, et l'œuvre fut finalement réalisée avec un succès complet.

La pile a été construite en maçonnerie de granit jusqu'à 3 ou 4 mètres au-dessus du niveau des plus hautes mers. Cette maçonnerie est surmontée de quatre piliers de forme octogonale, en fonte, de 3 mètres de diamètre et de 26 mètres de hauteur, disposés en carré de manière à laisser entre eux, dans les plans passant par leurs axes parallèlement aux faces extérieures, un intervalle de $2^m,44$, mais

(1) Au poids du caisson et à celui de l'eau introduite au-dessus du dôme, il fallut ajouter environ 200 tonnes de lest.

solidement reliés entre eux, suivant ces plans, dans toute leur hauteur, par des panneaux évidés en fonte, et couronnés par un entablement général sur lequel s'élève l'arcade en fonte qui sert de passage à la voie et supporte une extrémité de chaque tube des deux travées.

Les deux grandes travées ont été construites sur un des bords de la rivière, et chacune d'elles a été mise en place, tout d'une pièce, après son achèvement complet (à part la pose du tablier), et même après l'épreuve faite à terre. Pour cette épreuve, on a d'abord chargé la travée de 4,100 kilog. par mètre courant, et on l'a laissée sous cette charge pendant vingt-quatre heures ; puis, on a ajouté à ces 4,100 kil. 4,900 kilog. par mètre courant, en partant d'une extrémité, et en mettant en chaque point immédiatement la charge complète. A cela s'ajoutait le poids propre de la construction, qui, d'après les évaluations primitives, devait s'élever à 1,300 tonnes pour chaque travée. (Nous ignorons si ce chiffre a été ou non dépassé.) Il paraîtrait que, sous la charge de 9,000 kilog. par mètre courant, l'effort supporté par certaines parties de la construction dépassait 10 kilog. par millimètre carré. La mise en place des grandes travées s'est opérée suivant des procédés analogues à ceux qui ont été employés pour le levage des tubes de Britannia-Bridge, au détroit de Menai, c'est-à-dire au moyen de radeaux et de presses hydrauliques.

Nous ne sommes point en mesure de dire à quel chiffre les dépenses se sont élevées.

Les deux grandes travées du pont de Saltash ne sont que de 1^{m},53 moins larges que les deux grandes travées du détroit de Menai (138^{m},68 chacune au lieu de 140^{m},21), et la fondation de la pile centrale de ce pont a présenté des difficultés d'un ordre absolument exceptionnel. C'est assez dire à quel point l'exécution de ce grand ouvrage a été une gigantesque entreprise.

On retrouve dans les principales parties de cette œuvre

considérable le cachet caractéristique des conceptions du célèbre ingénieur à qui elle est due.

Pont Victoria sur le Saint-Laurent, à Montréal (*Canada*). (*Grand trunck railway.*) — Cet immense ouvrage comprend vingt-cinq travées à superstructure tubulaire en tôle, sur le type un peu simplifié du pont Britannia. La travée centrale a 99 mètres d'ouverture libre, les autres ont chacune $72^{m},60$. Les vingt-quatre piles, toutes en maçonnerie, ont une épaisseur de $5^{m},40$, au niveau des eaux. La longueur totale du tube, d'une extrémité à l'autre, est de $1,977^{m},60$, y compris $3^{m},30$ de portée sur chaque culée. Avec les abords, la longueur totale du pont est de 2,780 mètres. La travée centrale est élevée de 18 mètres au-dessus du niveau du fleuve. La plus grande profondeur d'eau est de $6^{m},60$; la vitesse du courant d'environ 3 mètres par seconde.

Le passage est à une seule voie. La largeur du tube entre les tôles qui forment les âmes ou parois latérales est de $4^{m},80$; sa hauteur, au milieu de la section, entre les tôles horizontales qui constituent les revêtements inférieurs et supérieurs, est de $5^{m},63$ dans les travées de rive, et de $6^{m},56$ dans la travée centrale. Indépendamment des nervures en fer à T, des montants en contre-fort, des pièces de pont placées au bas, des entretoises supérieures et des goussets, qui, par intervalles, consolident et contreventent le tube dans toute sa longueur, la travée centrale est renforcée par sept cours de cellules de $0^{m},20$ de hauteur, occupant ensemble toute la largeur du dôme.

C'est dans l'ouvrage publié, en 1860, par M. James Hodges, ingénieur des entrepreneurs, qui a dirigé sur place l'exécution des travaux, qu'il faut rechercher des renseignements détaillés sur cette entreprise des plus gigantesques, et en particulier sur la construction des batardeaux et échafaudages, et sur la disposition ingénieuse des machines au moyen desquelles on a surmonté les difficultés d'un si grand travail.

Cet ouvrage a employé 77,000 mètres cubes de maçonnerie et 9,000 tonnes de fer. Il a été exécuté en cinq ans et demi, de juillet 1854 à décembre 1859.

Cette construction colossale est certainement un des exemples les plus frappants qu'on puisse citer pour donner une idée de la grandeur des entreprises qu'aborde aujourd'hui résolûment l'art de l'ingénieur. Elle a été exécutée d'après les projets et sous les ordres du célèbre ingénieur qui a créé le type de ce genre d'ouvrages, feu Robert Stephenson, ayant pour second M. Alexander Mackensie Ross. Les entrepreneurs ont été MM. Morton Peto, Thomas Brassey et Edward Ladd Betts, représentés sur les lieux par M. James Hodges.

Pont de Drogheda, sur la Boyne. (*Dublin and Belfast Junction Railway.*) — Les abords du pont de Drogheda sont formés par quinze arches en maçonnerie, de 18^m,60 d'ouverture, réparties en deux groupes, l'un de douze arches sur la rive droite, l'autre de trois arches sur la rive gauche. Le pont proprement dit comprend trois travées en tôle, supportées par les extrémités des viaducs faisant office de culées, et par deux piles en pierre intermédiaires. Les travées latérales du pont ont 38^m,125 d'ouverture; la travée centrale a une ouverture double, soit 76^m,25. Le passage est à deux voies.

La superstructure du pont est composée principalement de deux poutres de rive de 7 mètres de hauteur, contreventées haut et bas. Les voies sont posées sur les pièces formant le système de contreventement inférieur.

Ce qui caractérise ce pont, c'est la constitution des poutres de rive. Chaque poutre, au lieu d'avoir, suivant la pratique la plus ordinaire, une âme centrale, pleine ou évidée, qui relie les tables supérieure et inférieure, a deux faces latérales entièrement pareilles, qui se confondent en projection verticale, et comprennent chacune un longeron inférieur, un longeron supérieur, et un treillis intermédiaire. Ces deux faces sont reliées l'une à l'autre par les tables, haut et bas.

En outre, chacune des pièces du treillis qui agissent à la compression, est solidairement unie avec la pièce jumelle de l'autre face de la poutre, par un remplissage en triangles ou en croix de Saint-André. Par cet ensemble de dispositions, la poutre se trouve constituée dans des conditions très-favorables à la résistance au voilement.

Les poutres sont fixement attachées aux deux piles ; il n'existe de glissières que sur les culées.

La longueur totale de l'ensemble du pont et du viaduc, entre les culées, est de 498 mètres. La dépense, paraît-il, aurait été d'environ 2,500,000 francs.

Cet important ouvrage a été construit d'après les projets et sous les ordres de sir John Mac Neill, ingénieur en chef, par M. Barton, ingénieur résident.

Viaduc de Beelah [Westmoreland]. (South Durham and Lancashire Union Railway.) — Ce viaduc, qui a 300 mètres de longueur et 60 mètres d'élévation au-dessus du point le plus déprimé de la vallée, a été construit en quatre mois. Il est établi sur le modèle du viaduc de Crumlin, qui a également servi de type pour le viaduc de Fribourg que nous avons précédemment décrit. Mais il diffère beaucoup de ces deux ouvrages par les proportions des travées : l'ouverture de chaque travée, qui est à Crumlin de 45m,75, et à Fribourg de 48m,80, n'est à Beelah que de 18 mètres. Il s'ensuit naturellement que la constitution des piles et du tablier des travées y est beaucoup plus légère. Au lieu de quatorze colonnes comme à Crumlin, de douze comme à Fribourg, chaque pile, à Beelah, n'en contient que six, formant les arêtes d'un tronc de pyramide à six faces, plus inclinées les unes vers les autres que dans les deux autres viaducs. Comme à Crumlin, l'intérieur des colonnes est conique: suivant la hauteur de la colonne et selon la position de la section dans cette hauteur, l'épaisseur de la fonte varie de 0m,032 à 0m,019; le diamètre extérieur est uniformément de 0m,30.

On a dû principalement l'étonnante rapidité avec laquelle cet ouvrage considérable a été construit, au soin avec lequel toutes les pièces similaires ont été, à l'usine, rodées et ajustées suivant des types invariables, et repérées de telle sorte que le montage sur place a pu se faire sans retouche et sans la moindre perte de temps. Il y a lieu de l'attribuer aussi, pour une part, au procédé de levage. Quoique moins ingénieux et moins hardi que le mode employé à Fribourg (et à part la différence de difficulté résultant de la différence d'ouverture des travées), ce procédé dérive d'un cours d'idées tout à fait semblable : à Beelah comme à Fribourg, c'est par la partie supérieure qu'on a fait le bardage et la mise en place des parties métalliques des piles. On s'est servi, pour cela, d'une grue équilibrée, ayant une potence de dimensions telles, que, le pied de la machine se trouvant sur la culée, l'extrémité supérieure de la potence surplombait l'emplacement de la première pile. On a pu ainsi construire la première pile et la première travée, avancer ensuite la grue sur la pile construite, et continuer de la même manière de proche en proche. Un des résultats à noter de ce mode de levage, c'est que, à Beelah comme à Fribourg, pas un ouvrier n'a été blessé.

Malgré les conditions de légèreté dans lesquelles il a été constitué, ce viaduc s'est parfaitement comporté lors des épreuves qui ont précédé la mise en exploitation ; et, depuis deux ans qu'il fonctionne, il montre, paraît-il, une grande rigidité lors du passage des trains. Il a été employé, pour sa construction, 776 tonnes de fonte à 275 francs la tonne, et 398 tonnes de fer à 550 francs. Nous regrettons de n'avoir pu nous procurer les renseignements qui nous auraient mis à même d'ajouter à ces chiffres le montant des autres dépenses de diverse nature, et de fournir ainsi le prix de revient total de la construction.

Le viaduc de Beelah a été exécuté sous la direction supérieure et le contrôle de M. Thomas Bouch, mais d'après

les projets, par les soins et sous la responsabilité des entrepreneurs, MM. Gilkes, Wilson et Cᵉ, de Middlesbro'-on-Tees, à qui revient, en conséquence, le mérite de cette construction remarquable à plus d'un titre.

Ponts et viaducs, en fonte et fer, des chemins de fer de l'Inde. —Afin de rendre possible la construction prompte et économique des ponts et des viaducs à exécuter pour l'établissement des chemins de fer dans les colonies anglaises, et en particulier dans l'Inde, où l'habileté de certains genres de main-d'œuvre et le développement des arts mécaniques sont très-limités, M. le lieutenant-colonel Kennedy a proposé et propagé l'emploi d'un système de travées en fonte et fer, de la constitution la plus simple, dont les éléments fabriqués d'avance, et n'exigeant pour la pose aucun travail d'art, sont partout les mêmes et adaptés de la même manière, mais se combinent de diverses façons et en nombre plus ou moins grand, suivant la différence des circonstances locales. Chaque travée est une reproduction du type le plus élémentaire de pont en charpente, dans laquelle les pieux de palée sont remplacés par des tubes en fonte, et les poutres de bois par des longrines en tôle formées de deux longerons comprenant entre eux des triangles (système Warren). Les longrines sont contreventées à la manière ordinaire, dans le sens perpendiculaire à leur longueur.

S'il s'agit de livrer passage à une seule voie de chemin de fer, chaque palée ne comprend que deux tubes; s'il s'agit de deux voies, elle comprend trois tubes. Si le pont doit être établi dans un courant, sans marée, un tube incliné forme contre-fiche à l'aval de la palée; s'il y a marée, la palée est contre-fichée à l'amont comme à l'aval. Les tubes ont $0^m,76$ de diamètre extérieur et $0^m,71$ de diamètre intérieur. Les tronçons, de $2^m,70$ de hauteur chacun, dont ils sont composés, portent l'un sur l'autre par la surface annulaire que forme, à chacune de leurs extrémités, un rebord ayant

$0^m,08$ de saillie sur le diamètre extérieur du tube. Des boulons qui traversent ces rebords fixent invariablement les tronçons dans le prolongement l'un de l'autre. Deux tubes successifs d'une même travée se contreventent mutuellement par des barres en fer à T, qui vont de l'un à l'autre, et présentent, à chaque étage de tronçons, une entretoise horizontale supérieure, et deux diagonales allant de la tête d'un des tronçons au pied de l'autre. Dans presque tous les cas, la fondation des tubes a été établie au moyen de tronçons disposés, à leur partie inférieure, de manière à pénétrer dans le sol à la façon des pieux à vis.

Par l'emploi du système de construction que nous venons d'esquisser, on a, dans l'Inde, exécuté rapidement et à des conditions économiques, un grand nombre de ponts et de viaducs de toutes longueurs, dans des circonstances locales très-diverses. On cite, entre autres ouvrages : le Taptee-Bridge, de 567 mètres de longueur, sur une rivière à marée; le Narbudda-Viaduc, de 1,100 mètres de longueur; le Bassein-Viaduc, de 1,240 mètres, etc. — La pensée heureusement réalisée par M. le lieutenant-colonel Kennedy, de réduire à la reproduction d'un type commun, de la constitution la plus simple, la construction d'un très-grand nombre d'ouvrages d'art, mérite, dans plus d'un cas, de trouver des imitateurs : elle a eu sans aucun doute des résultats considérables et féconds dans l'application qui en a été faite à l'établissement des chemins de fer de l'Inde.

2. — Bassins de radoub et autres travaux de ports de mer.

Nouveaux bassins de radoub, système Clark, établis près des docks Victoria, à Blackwall. — L'ordre d'idées d'après lequel ont été établis ces bassins de radoub, semble pouvoir se résumer ainsi : couler préalablement, sur des traverses disposées à cet effet, un chalan ou ponton construit *ad hoc*; amener au-dessus du chalan échoué le navire à réparer;

soulever mécaniquement, au moyen de presses hydrauliques, les traverses, le chalan et le navire calé sur le chalan; remettre à flot, par une simple fermeture de bondes, le chalan qui se sera vidé pendant son ascension; emmener le chalan portant le navire dans quelque bassin à faible tirant d'eau, le long de quais ou d'embarcadères, à proximité des dépôts des matériaux de réparation; restaurer le navire sur le chalan lui-même; et, quand le travail est terminé, remettre le navire à flot, en repassant par les mêmes opérations en ordre inverse.

Par cet ensemble de combinaisons, on s'est proposé de satisfaire au service de radoub le plus actif, avec un seul appareil élévatoire, moyennant la construction d'un plus ou moins grand nombre de chalans, selon les besoins; ce qui devait avoir le grand avantage de ne point augmenter les dépenses d'établissement des ouvrages proportionnellement à l'accroissement d'activité du service, chaque chalan additionnel, dont le coût est relativement minime, devant équivaloir, dans ce système, à la création additionnelle d'un bassin de radoub.

Voici comment M. Edwin Clark a réalisé, à Blackwall, ces très-ingénieuses combinaisons.

Deux rangées parallèles de colonnes comprennent entre elles l'espace dans lequel doit être reçu le navire. Chaque rangée contient seize colonnes. D'une rangée à l'autre, d'axe en axe, l'espacement est de 18m,91; dans la même rangée, la distance d'une colonne à la suivante est de 6m,10. Les colonnes sont en fonte; elles ont 1m,525 de diamètre et 18m,30 de hauteur, y compris 3m,70 de fiche. Chacune d'elles renferme une presse hydraulique. Le cylindre de cette presse a son sommet au niveau de l'eau du bassin. Son piston, qui a 0m,254 de diamètre et 7m,625 de course, se meut avec jeu dans le cylindre; il est guidé, dans ses mouvements de montée et de descente, par un serrage en cuir qui fait office de boîte à étoupe au sommet du cylindre, et par un joug en fer forgé

qu'il porte à sa tête. Ce joug glisse dans deux rainures ménagées dans la colonne suivant le plan d'axe de la rangée, et ouvertes depuis le sommet du cylindre jusqu'au sommet de la colonne. A ce joug est suspendue, au moyen de deux tirants, une des extrémités d'une traverse formée de deux poutres jumelées, dont l'autre extrémité est suspendue de la même manière au joug de la colonne placée en face, dans l'autre rangée. Chaque presse est alimentée par un petit tuyau aboutissant un peu au-dessous du serrage. Les tuyaux des trente-deux presses viennent se réunir dans une cabine vitrée, d'où un contre-maître surveille et dirige tous les détails de la marche de l'appareil. Ils y aboutissent à un clavier de robinets qu'on ne fait en général agir que par groupes, mais qui peuvent agir chacun isolément quand il y a lieu. Au delà, ils ne forment plus que trois groupes, correspondant à trois récipients distincts, lesquels alimentent, l'un, les huit couples de colonnes d'amont, et chacun des deux autres, les huit colonnes de droite ou les huit colonnes de gauche restant à l'aval. L'eau est fournie à ces trois récipients par quatre pompes que met en mouvement une machine à vapeur de 50 chevaux.

Les choses étant disposées ainsi, on conçoit sans peine comment l'opération s'effectue. Dans l'état de repos, tous les pistons des presses sont au bas de leur course, et les traverses sont descendues sur le radier, à $8^{m},40$ de profondeur. On amène entre les colonnes un chalan de dimensions appropriées à l'échantillon du navire à réparer, et portant à demeure les chantiers et coins en bois destinés à supporter et caler le navire. On place ce chalan, et on l'échoue en ouvrant les bondes de son fond. Le navire est ensuite introduit et amarré dans la position convenable au-dessus du chalan. On ouvre alors les robinets correspondant aux presses qui doivent agir, eu égard aux dimensions du chalan, et on met en jeu la machine à vapeur. Dès que le navire commence à porter sur le chalan, on opère, en agissant sur des

chaînes disposées *ad hoc*, le serrage de coins qui le calent. Le contre-maître, qui, en faisant intervenir dans une proportion relative convenable les trois goupes distincts de tuyaux alimentaires, peut modifier à volonté l'inclinaison longitudinale et l'inclinaison transversale du chalan, règle la marche de l'ascension de tout le système de manière à maintenir toujours le chalan et le navire dans les conditions désirables. L'action des presses se continue jusqu'à ce que le fond du chalan sorte de l'eau ; alors le chalan se trouve vide : on ferme les robincts, et on laisse descendre les pistons des presses. Le chalan, remis à flot, s'éloigne, emportant le navire; et l'appareil élévatoire se trouve en situation de recommencer pour quelque autre navire la même opération.

Depuis trois ou quatre ans qu'il fonctionne, l'appareil de M. Clark a déjà servi à plus de quatre cents navires de toutes dimensions, jaugeant, pour la plupart, de 400 à 1,200 tonnes, et quelques-uns au-delà de 2,300 tonnes. Généralement, une opération de mise en chantier demande, en tout, de deux à trois heures. Dans les conditions que comporte le service actuel du dock, toutes les manœuvres qui viennent d'être décrites, appliquées à un navire ordinaire, s'effectuent avec une merveilleuse facilité.

Tout le système élévatoire pris isolément — c'est-à-dire, les colonnes, les traverses, les presses, les pompes, la machine à vapeur, y compris les travaux d'établissement de ces diverses parties du système, les fondations, le radier, les perrés, les planchers d'approche, le bâtiment de la machine, la cabine, etc., mais non compris les chalans ni aucune des dépendances extérieures en terrains, bassins, etc. — a coûté 26,000 livres sterling, soit 650,000 francs. Le prix des chalans a varié, suivant les dimensions, depuis 75,000 francs jusqu'à 260,000 francs.

Le très-remarquable appareil de M. Edwin Clark est du nombre des ouvrages qui ont le plus fixé l'attention des ingénieurs venus à Londres à l'occasion de l'Exposition.



Port de Sunderland. — Le port de Sunderland est au nombre des plus importants de la Grande-Bretagne. Un comité local a exposé un modèle des dispositions d'ensemble de ce port.

Les beaux travaux exécutés par M. John Murray, pour l'amélioration du port de Sunderland, ont été l'objet d'une distinction en 1855; ils ont de nouveau fixé l'attention à l'Exposition de Londres; mais comme ils ont été décrits avec soin dans le rapport fait, en 1855, par M. de la Gournerie, nous croyons devoir nous abstenir d'entrer ici, à leur sujet, dans aucun détail.

§ 3. — Phares.

Phares d'Angleterre, d'Écosse et d'Irlande. — Un certain nombre de modèles de phares figurent à l'Exposition; mais ces modèles ne représentent que les formes extérieures des phares terminés, et rien n'y indique les conditions particulières dans lesquelles ils ont été construits. Nous regrettons de ne pouvoir donner ici, à ce sujet, aucun renseignement d'un intérêt un peu récent. Une appréciation directe des dispositions extérieures des ouvrages, des informations spéciales, et la notoriété de grandes difficultés vaincues, ont arrêté d'une manière particulière l'attention du jury sur quatre ouvrages :

Les phares de Smalls et de Bishop's rock, construits par M. James Walker, avec la coopération de MM. James et Nicholas Douglas, et exposés par la corporation de Trinity House;

Le phare de Skerryvore, construit par M. A. Stevenson, et exposé par la commission des phares du Nord;

Le phare du roc de Fastnet, construit par M. Georges Halpin, ingénieur de la corporation du port de Dublin, et exposé par la commission des phares de l'Irlande.

PRUSSE, BAVIÈRE, ET AUTRES ÉTATS DU ZOLLVEREIN.

§ 1er. — Ponts.

Pont de Dirschau, sur la Vistule. (Chemins de fer de Berlin et de Dantzig à Kœnigsberg.) — Le pont de Dirschau comprend six travées en tôle, ayant chacune une ouverture de 122 mètres, entre les faces des piles ou culées. Avec les épaisseurs des piles, chacune de 9m,80, et avec les longueurs des culées, l'étendue totale du pont est de 843 mètres. Les culées et les piles sont entièrement en maçonnerie. Les tours, de style moyen âge, qui les surmontent, maintiennent fortement la superstructure du pont, aux extrémités et en cinq points intermédiaires.

Cette superstructure est essentiellement composée de deux fermes latérales reliées l'une à l'autre, haut et bas, par des entretoises et des contrevents. Elle forme, dans son ensemble, un tube à claires-voies, de section rectangulaire, dans l'intérieur duquel la circulation s'effectue sur la voie de fer et sur les planchers que porte le système des entretoises et des contrevents inférieurs. Ce tube est divisé dans sa longueur en trois parties, couvrant chacune deux travées. Chacun de ces tronçons, d'une longueur de plus de 260 mètres, doit ainsi se comporter comme s'il était encastré dans la pile qui correspond à son milieu; ses extrémités restent libres d'obéir aux petits mouvements que tendent à produire les allongements ou raccourcissements dus aux variations de température. Des plaques et des rouleaux de friction facilitent ces petits mouvements.

Chacune des fermes est composée d'un longeron supérieur, d'un longeron inférieur, et d'un treillis intermédiaire. — Chaque longeron est, à lui seul, une poutre, formée d'une âme verticale en tôle pleine et de tables horizontales solidairement unies à l'âme, en divers points de sa hauteur, par

des cornières, des fers d'angle, des goussets, ou même, dans les points de plus grande fatigue, par des cloisons pleines. Le longeron supérieur comprend quatre cours de tables espacés l'un de l'autre de 0m,63, et a une hauteur totale de 2m,23, y compris la partie de l'âme qui se trouve engagée, sur 0m,29 de hauteur, entre les extrémités des lattes du treillis. Au-dessus des piles des numéros impairs qui correspondent aux points milieux des trois tronçons du tube, le longeron inférieur a, sur une longueur de 6 mètres de part et d'autre du milieu du tronçon, quatre tables et une hauteur totale de 2m,89; puis, entre les points distants de 6 à 17 mètres de ce même milieu, trois tables et une hauteur totale de 2m,23; sur tout le reste de la longueur du pont, il n'a que deux tables et une hauteur de 1m,62. D'ailleurs, dans les deux longerons, supérieur et inférieur, les tables sont plus ou moins larges, composées de plus ou moins de feuilles, et plus ou moins fortement rattachées à l'âme, selon que, dans le point considéré, la ferme doit avoir à supporter de plus ou moins grands efforts de compression ou de tension. Le treillis, qui a, dans œuvre, une hauteur de 8m,60 entre les tables des longerons, est formé de longues lattes en barres de fer plat, dont les largeurs et les épaisseurs varient respectivement entre 13 et 16 centimètres et 13 et 26 millimètres, inclinées symétriquement sur la verticale, et se croisant à angles droits. Les mailles du réseau sont fort serrées : les diagonales des vides ont à peine 0m,44. Les extrémités des lattes sont rivées aux prolongements en saillie des âmes de longerons. Ces prolongements forment, haut et bas, la bordure du treillis. Des montants verticaux en fer à T placés au droit des pièces de pont et des contrevents supérieurs, complètent la rigidité de la ferme. Dans les plans des cadres normaux à la longueur du pont, que constituent les pièces de pont, les montants verticaux des fermes et les contrevents supérieurs, sont établis, par intervalles, des contreventements énergiques en treillis à larges

mailles qui occupent toute la moitié supérieure de la section du tube.

En somme, la superstructure métallique a, hors œuvre, entre les tables extrêmes des longerons, une hauteur qui atteint 13^{m},20 à l'aplomb des piles de numéros impairs, mais qui est uniformément de 11^{m},87 dans les parties courantes de la construction.

La largeur du passage, mesurée entre les âmes des fermes, est de 6^{m},65. Une voie de fer en occupe le milieu; de chaque côté, se trouvent un passage à une voie pour les voitures ordinaires (1), et un petit trottoir surélevé, le tout constitué par un tablier de revêtement en charpente. Extérieurement aux fermes, est établie en encorbellement, sur chaque face du pont, une passerelle de 1 mètre environ de largeur, pour les piétons.

Le pont de Dirschau est un des plus grands ouvrages de ce genre qui aient été construits en Europe. Toutes les dispositions en ont été soigneusement étudiées. Son effet d'ensemble doit être imposant. Il nous semble néanmoins qu'il eût été préférable de faire entrer dans la constitution de sa superstructure, des éléments ayant de plus forts équarrissages, qu'on eût employés en moins grand nombre : on eût ainsi probablement, sans augmenter le poids des fers, donné à la construction plus de rigidité effective et plus de fermeté d'aspect.

Ce travail considérable a été exécuté, d'après les projets et sous la direction de M. Lentze, ingénieur prussien, sous l'autorité supérieure du ministère du commerce et des travaux publics de Prusse.

Pont de Mayence, sur le Rhin.—(*Système Pauli.*)— Ce pont, construit pour la jonction des chemins de fer des deux rives du fleuve, comprend trente-deux travées métalliques, savoir:

---

(1) Les voitures ordinaires, il est presque superflu de le dire, ne peuvent traverser le pont que pendant les intervalles des passages de trains.

vingt-huit d'une ouverture qui varie de 15 à 34 mètres, destinées aux eaux d'inondation et servant d'abords, du côté de la rive gauche, au pont proprement dit; et quatre travées principales, franchissant le lit du Rhin, de 101^m,30 d'ouverture chacune. En y comprenant les épaisseurs des trente et une piles, la longueur totale du pont, entre les culées extrêmes, est de 1,028^m,60.

La superstructure de chacune des grandes travées de 101^m,30 (les seules sur lesquelles l'attention ait à s'arrêter ici) présente, en projection verticale, un calque fidèle de la partie métallique des grandes travées du pont de Saltash; à cela près que le tube unique qui, dans le pont de Saltash, forme la pièce principale de la construction, est remplacé, au pont de Mayence, par deux arcs en tôle respectivement placés dans les plans des deux fermes de tête. A Saltash, il n'y a qu'une voie; à Mayence, il y en a deux, portées par deux travées identiques juxtaposées, comme au pont de Chepstow. De même qu'à Saltash, les grandes travées sont sans liaison de l'une à l'autre, et des dispositions ont été prises pour que les modifications déterminées dans la longueur des arcs par les variations de température ou de chargement, ne puissent donner naissance à des surcroîts de tensions nuisibles, dans les arcs ou dans les longerons des fermes, ou à des tractions obliques capables de compromettre la solidité des supports.

Nous regrettons de n'être point en mesure de consigner ici quelques indications précises sur les formes et les dimensions principales des arcs supérieurs et inférieurs des fermes du pont de Mayence.

D'après une note consignée au catalogue particulier de l'exposition du Zollverein, les poids des métaux employés et les dépenses faites, y compris les frais d'échafaudage et de montage, pour l'établissement des travées métalliques du pont de Mayence, se résumeraient dans les chiffres suivants :

Pour une voie seulement :

	POIDS DU MÉTAL employé.	DÉPENSE correspondante.
Les quatre travées de 101m,50, ensemble .	1,430 tonnes.	1,072,250 fr.
Les six travées de 33m,50, —	235 —	169,500
Les vingt-deux petites travées, deux de 25 mètres et vingt de 15 mètres, ensemble	300 —	216,750

Le mètre courant de la superstructure à deux voies de chacune des grandes travées, aurait donc employé 7,000 kilogrammes de métal, et coûté, au taux moyen de 75 centimes par kilogramme (prix des usines du Rhin), 5,250 francs.

Par son étendue, par les proportions et le mode de composition de ses grandes travées, et par le coût relativement peu élevé de la construction, cet ouvrage sort des conditions ordinaires. A en juger d'après le modèle, certains éléments des fermes ont un aspect grêle qui, au premier abord, ne semble pas fait pour inspirer toute sécurité. En supposant que cette impression persistât après un examen plus approfondi, il serait aisé de remédier à ce défaut, sans renoncer à la pensée mère du système, qui a été évidemment d'adopter les combinaisons générales des fermes de Saltash, en y remplaçant le tube par des dispositions équivalentes autant que possible, mais beaucoup moins dispendieuses. Les constructeurs du pont reconnaissent qu'on a reproché à leurs fermes d'être trop légères, et d'opposer trop peu de masse aux chocs de la charge en circulation; mais, pour répondre à cette objection, ils font remarquer qu'il est facile, avec une moindre dépense, de donner à un pont de leur système une masse égale à celle de tout autre genre de pont

métallique de même ouverture, en plaçant sous les rails une quantité suffisante de gravier.

Le pont de Mayence a été exécuté par MM. Klett et Ce, constructeurs à Nuremberg; mais le système de superstructure qui y a été appliqué a été conçu par M. Pauli, ingénieur bavarois, et il est connu sous la désignation de système Pauli.

§ 2. — Canaux.

Plans inclinés du canal d'Elbing (*Prusse*). — Afin de faciliter l'exploitation forestière et agricole des plateaux élevés qui dominent la plaine de la Nogath, à peu de distance du golfe de Dantzig, on avait proposé, dès 1825, d'utiliser, pour l'établissement d'un canal, la chaîne de lacs existants entre les villes de Saalfeld, Osterode et Elbing. Ce projet fut mis, en partie, à exécution en 1844 : on établit, à cette époque, toute la partie du canal comprise dans le haut pays, sur une longueur de 175 kilomètres, en creusant 154 kilomètres de chenaux dans les lacs, et en réunissant ces chenaux par 21 kilomètres de canaux intermédiaires. En même temps on ouvrit, à la partie inférieure de la ligne projetée, au point où elle débouche dans la Drausen-See, grand lac qui communique avec Elbing, cinq biefs d'une longueur ensemble de 5 kilomètres rachetant une chute de $14^m,26$. Entre ces parties faites, il restait une lacune d'une longueur horizontale de 15 kilomètres, correspondant à une différence de niveau de 85 mètres. Après avoir envoyé dans l'Amérique du Nord M. Steenke, l'ingénieur du canal d'Elbing, à l'effet d'y étudier les plans inclinés du canal Morris, le gouvernement prussien décida, conformément aux propositions de cet ingénieur, que la lacune serait comblée par les plans inclinés qui fonctionnent aujourd'hui.

Ces plans inclinés, au nombre de quatre, sont séparés par trois biefs formant paliers. Leurs hauteurs sont respectivement, en nombres ronds, de 20 mètres, 19 mètres, 24 mè-

tres et 22 mètres. Leur pente est de $\frac{1}{12}$. A la tête et au pied de chacun d'eux, se trouve un bassin, ouvert en prolongement du bief de canal qui aboutit à ce point et en communication libre avec ce bief. Le plafond de chaque bassin est réglé : sur les trois quarts environ de sa longueur, suivant une inclinaison de $\frac{1}{24}$, en contre-pente, au bassin de tête; en pente, au bassin du pied; et, sur le reste, suivant un plan horizontal arasé à un niveau tel que, quand le wagon qui doit porter le bateau est arrivé sur ce plan, le fond de ce wagon forme le prolongement du fond du bief correspondant. Les plans inclinés et les fonds des bassins sont revêtus de deux voies de rails Vignoles, que parcourent simultanément, et du même mouvement, par enroulement et déroulement de câbles sur un même tambour, deux wagons, l'un montant, l'autre descendant, chargés ou non d'un bateau plein ou vide. Le mouvement du tambour, des câbles et des wagons, est déterminé par une roue hydraulique placée à proximité du sommet de chaque plan. Chaque wagon est composé : d'une caisse en tôle, ouverte par les deux bouts, ayant une longueur de 19 mètres et une largeur de 3m,14; et de quatre paires de roues, deux paires à chaque extrémité. Son poids est de 24,000 kilogrammes. Les bateaux du canal ont 24 mètres de longueur, 2m,50 de largeur au fond, et 3 mètres de largeur en haut, à l'extérieur des bordages; à pleine charge, ils prennent 1m,25 de tirant d'eau, et pèsent 54,000 kilogrammes. D'après les dispositions dont l'indication précède, on conçoit aisément que, quand un wagon a été amené, dans sa position d'arrêt, à l'extrémité d'un bief, il soit extrêmement facile de faire entrer un bateau dans sa caisse ou de l'en faire sortir. Dans le parcours sur les plans inclinés, le bateau, étançonné latéralement contre les bords montants et les étrésillons du wagon, se trouve à sec, et incliné, dans sa longueur, suivant l'inclinaison du plan.

Le plan incliné de Buchwald, le premier en partant des

plateaux, a été terminé le 31 août 1861. L'achèvement des autres a suivi de près; et, le 29 octobre, six bateaux chargés de bois ont pu descendre des plateaux jusqu'à Elbing. A la date du 6 décembre, plus de soixante et dix bateaux avaient remonté ou descendu le plan incliné de Buchwald, sans qu'aucun d'eux eût, dans le parcours à sec, subi quelque déformation appréciable ou cessé d'être étanche comme auparavant.

On évalue que le tonnage annuel de la circulation sur les plans inclinés s'élèvera à 94,000 tonneaux à la descente et 12,000 tonneaux à la remonte.

L'exécution du canal, en même temps qu'elle a créé une voie navigable, a notablement amélioré les conditions agricoles du pays, en abaissant le niveau d'une partie des lacs; ce qui a livré à l'agriculture des étendues notables de terrains neufs conquis sur les eaux, et a rendu beaucoup plus faciles le desséchement et le drainage des terrains circonvoisins.

La dépense totale, pour le canal entier, s'est élevée à environ 5,000,000 de francs, y compris 880,000 francs pour les machines, wagons et rails des plans inclinés.

Les travaux ont été exécutés par M. l'ingénieur Steenke, sous la direction supérieure du ministère du commerce et des travaux publics de Prusse.

AUTRICHE.

§ 1er. — Ponts.

Pont sur l'Eipel [*Hongrie*]. (*Chemin de fer du Sud-Est de l'Autriche.*) — Ce pont comprend trois travées métalliques établies sur culées et piles en maçonnerie. La travée centrale a 57m,90 d'ouverture, et chacune des travées latérales 44m,57. Avec les épaisseurs des piles, le pont a, entre les culées, une longueur totale de 154 mètres.

Sa superstructure se compose de deux fermes en treillis,

reliées, haut et bas, de manière à former un tube à jour dans lequel passent les trains. A l'intérieur, les pièces de pont portent deux voies de fer; à l'extérieur, est établie en encorbellement, sur chaque face, une passerelle pour les piétons.

Chaque ferme comprend : un longeron inférieur de 1^m,20 de hauteur, un longeron supérieur de 0^m,50 seulement, et un treillis intermédiaire.

C'est par la constitution de ce treillis que le pont sur l'Eipel et le pont sur la Gran, établi suivant le même système, méritent particulièrement de fixer l'attention. Au lieu d'y employer des barres de fer plat sans résistance dans le sens de leur épaisseur, on a composé les treillis de ces ponts avec des fers qui présentent, en section, la forme d'un demi-cylindre à base quasi-circulaire, ayant deux appendices plans dans le sens du diamètre. La demi-circonférence extérieure est décrite avec un rayon de 57 millimètres; elle forme, sur le plan externe des appendices, une saillie de 5 à 6 centimètres; la largeur, entre les extrémités des appendices, est uniformément de 21 centimètres. Mais, quoique présentant ainsi, à l'extérieur, une apparence à peu près identique, ces barres sont fabriquées suivant trois échantillons d'épaisseurs différentes, de manière à offrir une force proportionnée aux efforts qu'elles peuvent avoir à supporter suivant leur position dans la ferme : ces trois échantillons pèsent respectivement 22, 29 et 36 kilogrammes par mètre de longueur. Par l'emploi de ces fers, qui ont une grande roideur latérale, on a pu, non-seulement supprimer tous les montants verticaux ordinairement indispensables dans les fermes en lattis, mais encore agrandir considérablement les mailles du réseau. Aux deux ponts sur l'Eipel et sur la Gran, les mailles ont, d'axe en axe des fers du treillis, une diagonale de 1^m,84.

Chaque ferme, sur toute sa longueur de 159 mètres et sa hauteur de 7 mètres, a été construite à plat, sur le remblai des abords, puis redressée verticalement, fixée au-dessus

d'un châssis horizontal en charpente dont on a fait porter les longrines garnies de rails sur les gorges de poulies fixes installées *ad hoc*, et roulée, au moyen de cet appareil, du chantier sur les piles et culées, jusqu'à son emplacement définitif.

La verticalité des fermes est maintenue, sur les piles, par des bâtis en fonte formant étançons, dans les nervures desquels les fers des longerons et des treillis sont engagés suivant des conditions telles que, sans pouvoir céder à aucun effort de déversement transversal, les fermes conservent la liberté de faire les petits mouvements longitudinaux qui tendent à se produire sous l'influence des variations de température ou des inégalités de répartition des charges accidentelles. Ce mode d'étançonnement mérite aussi quelque attention. Il faut remarquer, toutefois, que l'emploi d'un pareil moyen était ici presque absolument commandé, en raison de la faiblesse des liaisons supérieures des fermes. Le poids total du tablier en fer est de 502 tonnes; ce qui revient à 3,165 kilogrammes, par mètre courant de pont à deux voies.

Au pont sur la Gran, près Gran, qui a été exécuté presque en même temps, sur la même ligne, d'après le même système, et dont les ouvertures partielles et la longueur totale sont à peu près les mêmes, mais qui est biais, ce qui a nécessité un certain renforcement des fermes près des supports, le poids du fer, par mètre courant du pont, également à deux voies, a été de 3,649 kilogrammes.

Les ponts sur l'Eipel et sur la Gran ont été exécutés par la Compagnie autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, dont M. Maniel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, est le directeur général. Le nouveau système de treillis qui y a été employé, et qui paraît devoir présenter de très-notables avantages au triple point de vue de la simplicité, de la rigidité et de l'élégance de la construction, est dû à M. de Ruppert, directeur central des travaux de la Compagnie.

Pont suspendu à chaînes rigides, sur le canal du Danube, à Vienne. (Chemin de fer de l'empereur Ferdinand.) — Ce pont est à une seule travée. Il a 83m,44 d'ouverture, et 11 mètres de largeur. Il porte deux voies de chemin de fer. Établi, dans ses dispositions générales, à la manière ordinaire des ponts suspendus, il comprend, sur chacune de ses faces, deux fermes de suspension. Ces deux fermes, qui se projettent, en plan, suivant deux droites parallèles, ont, en élévation, une même projection. Chacune d'elles est formée principalement de deux cours de chaînes parallèles, séparés par un intervalle de 2 à 3 mètres, et reliés l'un à l'autre, aux points d'articulation des chaînes, par des barres obliques, disposées de telle sorte que ces barres et les cours de chaînes constituent un ensemble rigide analogue à ce que serait une ferme du système Warren, qu'on aurait exécutée suivant la courbe parabolique adoptée pour ce pont. De chacune des articulations des cours supérieur et inférieur, descend une tige pendante qui supporte l'une des extrémités d'une des entretoises en fer faisant l'office de pièces de pont.

Nous ne sommes point en mesure de donner des renseignements plus étendus sur les détails de construction de cet ouvrage.

Le pont suspendu à chaînes rigides dont il s'agit ici sert, depuis le mois de septembre 1860, à l'exploitation du chemin de fer Nord de l'Empereur Ferdinand, et il paraît qu'il a jusqu'ici convenablement répondu à sa destination.

D'un document remis par les exposants, il résulterait qu'il est entré, dans l'exécution de ce pont, 498,285 kilogrammes de fer forgé, et 37,408 kilogrammes de fonte ; il s'ensuivrait qu'il y aurait été employé 5,980 kilogrammes de fer forgé, et 448 kilogrammes de fonte par mètre courant d'ouverture, pour un passage à deux voies. S'il fallait juger le système d'après ce spécimen, il ne réaliserait pas d'économie sur l'emploi du fer, comparativement à certaines dispositions de poutres droites; et, abstraction faite de toute considération

de sécurité, il lui resterait le désavantage de nécessiter plus de maçonnerie pour la construction des piliers, des culées et des puits d'amarre.

MM. Schnirch et Fillunger, de Vienne, ont un brevet pour l'exploitation de ce système de ponts.

§ 2. — Améliorations de rivières.

Régularisation du cours du Danube dans l'empire d'Autriche. — Depuis son entrée sur le territoire autrichien à la frontière de Bavière, près de Passau, jusqu'à sa sortie de ce territoire à la frontière de Turquie, près d'Orsova, le Danube a un parcours de 1,335 kilomètres. Ce parcours correspond à ce qu'on appelle les deuxième et troisième bassins du Danube. Dans l'étendue du deuxième bassin, qui se compose principalement de l'archiduché d'Autriche, de la Styrie et de la Moravie, — sur environ 500 kilomètres, de Passau à Gran, — le fleuve, dont la pente moyenne est, dans ce parcours, d'environ 0m.35 par kilomètre, coule presque partout dans un lit unique, de 200 mètres à 400 mètres de largeur, offrant généralement la profondeur d'eau nécessaire à la navigation, mais passant, en certains points, sur des bancs de rochers qui forment des seuils où les eaux sont fort maigres aux époques d'étiage. Dans le troisième bassin, qui comprend toute la Hongrie, les provinces slaves de l'Autriche, la Bosnie et la Servie, immenses étendues (plus de 500,000 kilomètres carrés) de plaines coupées de grandes rivières marécageuses, d'eaux stagnantes, de déserts salins et sablonneux, — sur au moins 700 kilomètres de longueur, de Gran à Alibeg, — le fleuve se promène lentement, suivant des pentes de 0m,07, 0m,06, et 0m,05 seulement par kilomètre, éparpillant souvent ses eaux en un grand nombre de bras, parfois profond jusqu'à pouvoir porter des vaisseaux de quarante canons, parfois coulant, presque sans rives, sur des largeurs considérables. Sur les 100 derniers kilomètres, d'Alibeg à Orsova, il tra-

verse, avec une pente générale de 0^{m},25 par kilomètre, les gorges profondes et les défilés dangereux qui ferment la sortie du troisième bassin. Là se trouvent *les Cataractes*, produites par des bancs de rocher, au nombre de huit, dont le plus considérable est célèbre sous le nom de *la Porte de fer*. On comprend sans peine les conséquences qu'un pareil état de choses doit avoir pour les territoires traversés et pour la navigation.

De 1777 à 1850, des améliorations importantes furent opérées ou ébauchées sur divers points du bassin du Danube. En 1777, furent tentés les premiers essais pour ouvrir un chenal de navigation à travers les rochers du Strudel. De 1780 à 1785, on canalisa la Bega et la partie inférieure de la Theiss, sur une longueur de 72 kilomètres, entre Temeswar et le Danube. De 1795 à 1800, on ouvrit le canal François, de 110 kilomètres de longueur, qui raccourcit de 212 kilomètres le trajet entre les régions supérieures de la Theiss et les villes de Pesth et de Vienne. De 1818 à 1849, on redressa et canalisa entièrement le petit bras du Danube dans l'intérieur de Vienne et de Vienne à Thèbes, sur une longueur de 140 kilomètres; on en régla la largeur au plafond à 50 mètres, on en éleva partout les berges jusqu'à une hauteur minimum de 3^{m},80 au-dessus de l'étiage, et on en fixa les talus des rives au moyen de revêtements en pierres sèches. En 1848, on fit dans la Drau, un des principaux affluents du fleuve, soixante-deux coupures d'une longueur totale de 76 kilomètres, dont le résultat fut de raccourcir le parcours de cette rivière de 182 kilomètres. Durant cette même période, de 1777 à 1850, on construisit 250 kilomètres de digues, défendues du côté du fleuve par des revêtements en pierre.

En 1815, on commença à dresser des cartes spéciales du Danube et de ses affluents, lesquels présentent ensemble un parcours navigable de 4,900 kilomètres. Les cartes générales dans lesquelles se résumeront les opérations topographiques

exécutées dans ce bassin, seront au nombre de huit. Quatre de ces cartes sont terminées et figurent à l'Exposition de Londres.

C'est en 1850 seulement que le gouvernement autrichien adopta un plan d'ensemble pour les travaux de perfectionnement du Danube. D'après ce plan, les travaux consistent, dans les parties montagneuses de l'archiduché et dans les défilés d'Orsova, à ouvrir à la mine des chenaux suffisamment larges et profonds, à travers les bancs de rochers qui forment barrage dans le lit du fleuve, et à couper des promontoires trop saillants. Des opérations de ce genre se sont exécutées et s'exécutent, notamment sur les rochers du Strudel et du Wïrbel. Dans les parties en plaine, les travaux ont pour objet de rassembler les eaux dans des lits principaux, de réduire les sinuosités de leur cours et de limiter le champ des inondations. A cet effet, on remplace de longs circuits par des coupures, on barre des bras secondaires, on réduit la largeur de certaines parties des bras conservés, on fixe et on exhausse les rives; on constitue au fleuve, par l'établissement de digues parallèles au thalweg, un lit majeur pour l'écoulement des crues.

Les travaux exécutés, depuis 1777, dans le bassin du Danube, ont déjà une grande importance. Outre les entreprises antérieures à 1850, que nous avons mentionnées plus haut, — la canalisation de la Bega, le canal François, le canal Viennois du Danube, la régularisation de la Drau, — des améliorations considérables ont été réalisées depuis douze ans. Une des plus notables est la régularisation du cours de la Theiss, dont il va être parlé ci-après. Sur le cours du Danube même, la saillie du Wïrbel et le gouffre qu'elle produisait à l'aval, ont disparu; les chenaux à travers les rochers du Strudel sont plus d'à moitié ouverts; d'importantes coupures, parmi lesquelles il faut citer celle de Tolna, ont été faites; des régularisations et des fixations de rives ont été accomplies sur de longs parcours. Le développement

des digues existantes dépasse aujourd'hui 600 kilomètres.

Les dépenses faites avant 1850 se sont élevées à 7 millions de florins; les dépenses faites depuis s'élèvent à peu près à pareille somme; ce qui donne un total d'environ 35 millions de francs.

Aux belles cartes spéciales du Danube qui figurent à l'Exposition, M. le chevalier de Pasetti, conseiller ministériel, directeur du département des ponts et chaussées d'Autriche, a joint une notice explicative imprimée qui donne, sur les travaux exécutés et projetés, des détails intéressants que nous regrettons de ne pouvoir reproduire ici.

Régularisation du cours de la Theiss. — La Theiss prend sa source au mont Czorna, dans les Karpathes; coule d'abord de l'est à l'ouest, en longeant le versant méridional des montagnes, à travers des régions marécageuses, où elle se grossit d'un grand nombre d'affluents; prend, à partir des environs de Tokay, la direction du nord au sud parallèle au cours du Danube; traverse par le milieu la plus grande partie de la Hongrie, en recevant sur sa gauche plusieurs rivières qui sortent comme elle de marécages, et vient aboutir au Danube, entre Peterwardein et Belgrade. Son cours, extrêmement sinueux, avait naguère, à partir de son entrée en plaine, à Tisza-Ujlak, jusqu'à son embouchure dans le Danube, un développement de 1,200 kilomètres — plus que double de la longueur de la vallée — correspondant à une chute totale de $43^{m},82$; d'où résultait une pente moyenne de $0^{m},036$ seulement par kilomètre. Les plaines immenses dans lesquelles la Theiss se promène lentement, de Tokay au Danube, sont formées d'une couche superficielle d'alluvions assez consistantes, recouvrant un sous-sol de sable fin dans la région supérieure et de limon dans les régions inférieures. Au point où la rivière commence à être navigable, près de Namény, à 40 kilomètres au-dessous de Tisza-Ujlak, elle a, à l'étiage, une largeur de 60 à 70 mè

tres; à Szegedin, après avoir reçu le plus grand nombre de ses affluents, elle a de 180 à 200 mètres. Son régime est très-régulier : au printemps, les eaux montent lentement, elles se maintiennent tout l'été à un niveau presque constant et redescendent à l'approche de l'hiver; le minimum a toujours lieu entre les mois d'octobre et de mars; la différence entre les hautes et les basses eaux est moyennement de 5 mètres; à l'étiage, le tirant d'eau ne descend pas au-dessous de $0^m,90$. Ces conditions de régime résultent naturellement de l'alimentation par la fonte des neiges, de la régularisation du débit par l'interposition, au pied des montagnes, d'immenses marécages faisant office de réservoirs, et de la faiblesse des pentes dans les plaines.

Le plan d'amélioration dont l'exécution se poursuit, consiste à redresser le lit de la rivière et à en endiguer le cours, afin d'en réduire le développement, au grand avantage de la navigation et de l'écoulement des crues, et de restreindre l'étendue des territoires soumis à des inondations dommageables. Le redressement du cours de la rivière doit s'opérer au moyen de soixante-seize coupures, d'une longueur totale de 102 kilomètres, qui raccourciront le parcours navigable de 400 kilomètres, c'est-à-dire d'un tiers. Par là, la pente moyenne sera portée à $0^m,034$ par kilomètre; ce qui sera encore extrêmement faible et laissera subsister des pentes partielles de $0^m,020$, $0^m,015$, $0^m,010$ et $0^m,007$ par kilomètre, entre Szegedin et le Danube. Malgré l'importance des travaux en cours d'exécution, la Theiss restera donc, après leur achèvement, une des rivières les plus lentes qui existent. Le plan comporte, en outre, l'établissement d'environ 1,000 kilomètres de digues.

Une association générale de propriétaires riverains fut constituée, en 1843, en vue de réaliser ce vaste projet. Mais, malgré l'assistance que le gouvernement autrichien et la chambre hongroise lui prêtèrent, elle se trouva impuissante à faire marcher activement l'entreprise. Tout s'arrêta à la

révolution de 1848. En 1850, le gouvernement autrichien se décida à exécuter lui-même les travaux, et à fournir tous les fonds nécessaires, sous la condition que, les dépenses faites pour la régularisation du lit de la rivière restant à la charge du Trésor public, les dépenses relatives à l'établissement des digues ne constitueraient que des avances, dont le Trésor devrait être remboursé, suivant les bases dès lors fixées, par le produit d'une taxe à recouvrer, dans certains délais, sur les propriétés qui auraient été protégées par les digues. A dater de ce moment, l'exécution de l'entreprise a été poursuivie avec une grande activité. Plus des trois cinquièmes des coupures, et plus des trois quarts des digues, sont actuellement terminés.

Pour opérer les coupures, on s'est borné généralement à ouvrir, pendant les époques d'étiage, sur l'axe de la coupure projetée, un canal d'une dizaine de mètres de largeur, creusé jusqu'à 1 mètre ou $1^m,50$ au-dessus du niveau des plus basses eaux; et on a laissé à la rivière la tâche d'achever l'œuvre, en élargissant et approfondissant son lit dans la mesure nécessaire. Ce procédé économique a réussi sur beaucoup de points, dans le haut du bassin : nombre de dérivations ainsi exécutées sont navigables, et l'ancien lit est colmaté et cultivé. Dans les régions inférieures du bassin, il a fallu en général recourir aux dragues pour donner aux dérivations les dimensions convenables.

Les digues comprennent entre elles, d'une rive à l'autre, un écartement qui varie de 500 à 700 mètres. Leur couronnement est arasé à $0^m,95$ au-dessus des plus hautes eaux connues; ce qui les élève de 2 mètres à $7^m,50$ au-dessus des terrains environnants. Leur largeur, au sommet, est de 3 à 4 mètres. Leurs talus sont inclinés à 2 et 3 de base pour 1 de hauteur, du côté de la rivière; à 2 pour 1, du côté extérieur. Les talus intérieurs des digues et les terrains compris dans le lit majeur constitué entre les digues, sont soigneusement garnis de plantations en osier destinées à les défendre

contre les érosions, pendant les époques de grandes eaux.

Les dépenses faites jusqu'aujourd'hui s'élèvent à environ 24 millions de francs. Dans cette somme, les travaux d'exécution des coupures n'entrent guère que pour à peu près un quart.

Dans ces chiffres, ne sont pas comprises les dépenses relatives aux travaux de dragages, qui forment un compte à part, et qui, depuis 1856, se sont élevées, chaque année, à une somme de 500,000 à 530,000 francs.

Les résultats déjà obtenus sont considérables. La navigation a notablement gagné; des bateaux à vapeur circulent sur toute l'étendue des 900 à 1,000 kilomètres qui séparent encore Namény du Danube. D'autre part, 540,000 hectares de terrains d'alluvion ont été entièrement soustraits aux inondations, et sont en situation d'être mis très-avantageusement en culture. Ces résultats sont appréciés par les populations intéressées : aussi, des travaux d'amélioration du même genre sont-ils entrepris, à grande échelle, sur plusieurs affluents de la Theiss, exclusivement aux frais des riverains.

Les renseignements qui précèdent sont, pour la plus grande part, tirés d'un rapport officiel rédigé par M. le chevalier de Pasetti, conseiller ministériel, directeur du département des ponts et chaussées d'Autriche; rapport que reproduit, par extraits, une notice imprimée faisant partie des documents envoyés à l'Exposition de Londres.

ESPAGNE.

§ 1er. — Construction de chemins de fer.

Tracé du chemin de fer de Bilbao à Tudela. — L'établissement du chemin de fer de Bilbao à Tudela, dans la partie qui traverse la chaîne des Pyrénées Océaniques ou Cantabriques, pour passer de la baie de Biscaye dans la vallée de l'Èbre, a exigé des études fort approfondies et pré-

senté des difficultés très-sérieuses. Les résultats des études faites et l'indication d'ensemble des solutions adoptées pour la construction de ce chemin, qui est à la veille d'être ouvert à l'exploitation, sont représentés, à l'Exposition de Londres, par des cartes à grande et à petite échelle, par un profil en long, par quelques élévations d'ouvrages d'art, et surtout par un magnifique plan en relief (1). M. Charles Vignoles, ingénieur en chef du chemin de fer de Bilbao à Tudela, a rédigé sur ce sujet une courte notice à laquelle nous empruntons, en les résumant, les indications sommaires qui suivent.

La longueur totale de la ligne est d'environ 256 kilomètres, depuis le port de Bilbao, sur la côte, jusqu'à un point de l'Èbre, entre Alfaro et Tudela, duquel partiront diverses lignes, se dirigeant au sud vers Madrid, à l'est vers Barcelone par Saragosse, au nord vers Pampelune et la France. Le point par lequel la ligne franchit les Pyrénées, paraît être le col le plus bas de la chaîne entière ; il est situé à 649 mètres au-dessus du niveau de la mer. Des points de la ligne de faîte très-voisins de ce col atteignent 900 et 1,200 mètres. Aux approches du col, la plupart des gorges et des ravins ont une grande profondeur, et présentent, par places, des escarpements de roc qui s'élèvent verticalement sur 100 et 200 mètres de hauteur. On y rencontre deux chutes d'eau, l'une de 120 et l'autre de 200 mètres. A partir de Bilbao, le chemin s'élève progressivement, suivant une rampe de $0^{m},01$ par mètre, sur 64 kilomètres de longueur ; après quoi, s'attachant au flanc est de l'espèce de cirque au bas duquel se trouve Orduna, il contourne ce cirque, en sort

(1) Ce plan en relief, de près de 22 mètres carrés, à l'échelle de 1/5000e pour les dimensions horizontales et 1/2000e pour les hauteurs, donne l'idée la plus précise du relief topographique et de la constitution géologique de la partie de la chaîne traversée, sur une étendue de plus de 560 kilomètres carrés. Il a été exécuté par MM. Stephen Salter, modeleur, et Perceval Skelton, artiste peintre et paysagiste.

et monte jusqu'au col, en s'élevant, sur tout ce parcours de 19 kilomètres, par une rampe de 1/70 ou environ 0^m,0143 par mètre. Des courbes en S et des lacets, d'un rayon qui, généralement, n'est que de 280 mètres, se présentent à tout instant sur cette partie de la ligne, et occupent ensemble plus de la moitié du développement de ce long plan incliné. A la gorge du cirque d'Orduna, deux points du tracé qui ne comprendraient entre eux qu'une distance de 550 mètres mesurée horizontalement, à vol d'oiseau à travers la gorge, se trouvent à une différence de hauteur verticale de 137 mètres, et sont distants l'un de l'autre, sur la ligne du chemin de fer, de près de 14 kilomètres. On conçoit qu'un chemin de fer établi dans ces conditions n'ait pu être exécuté qu'au moyen de travaux très-coûteux ; ces travaux ont consisté surtout en tranchées et levées d'une hauteur parfois très-considérable. Une étude attentive ayant fait reconnaître, dès le début, qu'en raison des circonstances locales, les solutions qui exigeraient de grands ouvrages d'art seraient plus dispendieuses que celle qui a été adoptée, on n'y a eu recours qu'à des tunnels de peu de longueur et à des viaducs relativement peu importants. Il ne paraît pas que la descente dans le bassin de l'Èbre ait offert de notables difficultés. Nous ignorons à quels chiffres se sont élevées les dépenses.

Le chemin de fer de Bilbao à Tudela a été exécuté avec des capitaux fournis par une compagnie locale, subventionnée par le gouvernement espagnol. M. Charles Vignoles a dirigé tous les travaux en qualité d'ingénieur en chef ; un de ses fils, M. Henri Vignoles, était le principal ingénieur résident. Les entrepreneurs étaient MM. Brassey, Paxton et Cᵉ.

Comme on le voit, la direction et l'exécution de cette importante et difficile entreprise étaient confiées à des mains habiles et expérimentées. On ne peut douter que les meilleures solutions n'aient été obtenues.

§ 2. — Docks flottants.

Dock à flot, en fer, de l'Arsenal royal maritime de Carthagène. — MM. George Rennie et fils ont exposé un modèle, à l'échelle de $\frac{1}{120}$, d'un dock à flot, en fer, qu'ils ont exécuté, et qui est actuellement en voie d'érection à l'Arsenal royal maritime de Carthagène. Ce dock a une longueur de 96 mètres, une largeur de 31^{m},50, et une profondeur intérieure de 11 mètres; son déplacement d'eau est de 11,500 tonnes. Le poids propre du dock, avec son appareil complet, est de 4,500 tonnes; le poids présumé du navire à soulever, de 5,500.

Les mêmes constructeurs établissent en ce moment, dans leurs ateliers de Greenwich, pour l'Arsenal royal maritime du Ferrol (Espagne), un autre dock flottant, en fer, de dimensions encore plus grandes : longueur totale, 105 mètres; plus grande largeur, 31^{m},50; profondeur intérieure, 11^{m},25; déplacement de l'eau, 13,000 tonnes; poids du dock, 5,000 tonnes; poids du navire, 6,500 tonnes.

On peut se représenter ces gigantesques appareils, en se figurant que, dans un bassin de radoub en maçonnerie de mêmes dimensions, les parements intérieurs et extérieurs sont remplacés par des revêtements en tôle, et qu'au massif de maçonnerie sont substituées, en nombre suffisant, perpendiculairement à la longueur du dock, des fermes en fer, composées comme le seraient des fermes en charpente, et, par intervalles, des cloisons pleines divisant l'espace en chambres susceptibles d'être à volonté remplies d'eau ou d'air.

Le dock de Carthagène, avec ses portes, ses cales, ses coulisses et ses machines d'épuisement, coûtera, paraît-il, au moins 3,000,000 de francs.

Ces ouvrages, remarquables par leurs dimensions et par la bonne exécution matérielle, prouvent la puissance de fabrication des grands ateliers dans lesquels ils ont été construits;

mais il nous semble permis de douter que, dans l'ère d'activité qui se prépare, sur bien des points et dans divers pays, pour la création de nouveaux bassins de radoub, beaucoup d'avenir soit réservé à des constructions engloutissant de telles masses de fer, et conséquemment si dispendieuses.

RÉSUMÉ.

Les ouvrages que nous venons de passer en revue ne constituent pas tout ce qui, dans les travaux exécutés depuis quelques années ou actuellement en cours d'exécution, pouvait dignement figurer à l'Exposition universelle. Nous avions d'abord le dessein de dire quelques mots de divers travaux non exposés qui y auraient, à bon droit, pris place, et auraient été propres à caractériser, pour leur part, les progrès, les tendances et les tentatives de l'art des constructions dans ces derniers temps. Pour ne parler que de l'Angleterre et sans sortir de Londres, nous aurions désiré indiquer les points par lesquels se distinguent quelques ouvrages qui y fixent en ce moment l'attention : le pont de Westminster, par M. Page; le nouveau pont de Hungerford, par M. Hawkshaw; le pont de Battersea, le Metropolitan Railway, les essais du tube atmosphérique avec chariots intérieurs, etc. Mais les développements dans lesquels nous sommes entré nous font une obligation de restreindre ce cadre et de nous renfermer dans l'enceinte de l'Exposition.

Nous ne nous proposons d'ailleurs de nous arrêter à aucune des observations de détail qui se peuvent déduire naturellement de l'exposé qui précède. Nous ne ferons ressortir que les caractères généraux des progrès les plus importants accomplis dans ces dernières années.

Il convient de signaler principalement :

En ce qui intéresse la navigation intérieure : les perfectionnements apportés dans les systèmes de fermeture des barrages mobiles; et les améliorations réalisées et en voie de

se réaliser dans les conditions économiques du halage sur les rivières et sur les canaux;

En ce qui regarde la construction des ponts et des viaducs: la création de procédés efficaces pour l'exécution, en toutes circonstances, de fondations à grande profondeur dans le lit des cours d'eau; l'application de plus en plus étendue et de plus en plus habile, des métaux, et tout spécialement du fer laminé, à l'établissement de travées rigides de toutes dimensions, jusqu'à 140 et 150 mètres de portée; l'invention et la mise en pratique de méthodes aussi simples qu'ingénieuses et hardies, pour l'érection de piles métalliques d'une hauteur considérable, et pour le levage et le bardage de fermes entières ou de travées toutes montées; enfin, l'adoption et la propagation de types au moyen desquels certains genres de viaducs métalliques sont élevés, à travers monts et vallées, sur de très-grandes longueurs, dans des temps merveilleusement courts et à des conditions relativement économiques;

En ce qui s'applique à tous les ordres de travaux — établissement de barrages mobiles, exécution de fondations au moyen de l'air comprimé, érection de grands viaducs métalliques, construction d'immenses formes en béton ou de digues et de jetées à la mer — un esprit de méthode qui ramène l'accomplissement des entreprises les plus vastes et les plus difficiles, à l'application, réglée d'avance, d'une série d'opérations simples savamment coordonnées et se répétant identiquement autant de fois qu'il est nécessaire; ce qui réalise, dans les chantiers de travaux publics, les mêmes conditions d'ordre et de division du travail, et, par suite, de bonté, de rapidité et d'économie d'exécution, que dans une manufacture bien organisée.

C'est à la France exclusivement que sont dus la création et les perfectionnements des barrages mobiles, tels qu'on les établit sur nos rivières et sur celles de quelques pays voisins. Le barrage à fermettes mobiles, origine de tous les systèmes de barrages mobiles, a été inventé, il y a trente et quelques

années, par M. Poirée, aujourd'hui inspecteur général des ponts et chaussées en retraite. Depuis cette époque, beaucoup de perfectionnements ont été apportés à la conception première; plusieurs, par l'initiative de M. Poirée lui-même ou d'après ses conseils; d'autres, non moins notables, par d'autres ingénieurs. On a successivement amélioré : les moyens d'attache des fermettes au radier; les mécanismes et les procédés employés pour opérer rapidement et sans danger l'abatage et le relèvement des fermetures mobiles ; et la constitution même des fermettes, afin d'en augmenter la hauteur et la résistance sans en accroître proportionnellement le poids. En même temps que ces perfectionnements s'obtenaient, M. Chanoine inventait et améliorait progressivement ses hausses à bascule, et M. Louiche Desfontaines ses hausses à vannes tournantes. Grâce à ces résultats, œuvre de ces dernières années, les ingénieurs sont désormais en mesure d'établir, sur les cours d'eau de toutes largeurs, des fermetures mobiles, au moyen desquelles on peut, en quelques instants, par des manœuvres simples et faciles, ouvrir ou fermer à volonté une plus ou moins grande étendue de passe navigable, et exhausser ou abaisser le niveau de retenue des déversoirs. La France sera la première à recueillir sur une large échelle le fruit de ces ingénieuses inventions : plusieurs des parties de nos rivières et de nos fleuves qui appartiennent à notre réseau général de voies navigables, et qui, pendant les époques de bas étiage, n'offrent naturellement qu'un tirant d'eau insuffisant pour la navigation à pleine charge, seront prochainement mises en état d'offrir partout, et en toute saison, le plus grand tirant d'eau que comportent nos canaux.

Lorsque le tirant d'eau normal aura été assuré, d'une manière permanente, à toute époque de l'année, sur les fleuves et rivières comme sur les canaux, dans toute l'étendue du réseau de nos voies navigables, le commerce pourra se servir de ces voies avec la certitude qu'un bateau expédié d'un point quelconque du réseau, arrivera au terme de son voyage,

à l'époque calculée d'avance, sans avoir, dans sa route, à courir aucune chance d'arrêt ou d'avarie par le fait de l'imperfection des lignes parcourues, ou à supporter aucuns frais additionnels pour transbordements ou ruptures de charge. Si, à ces garanties de sécurité et d'exactitude que doivent offrir aujourd'hui tous les modes de transport, viennent s'ajouter des perfectionnements dans les procédés de halage, desquels il puisse résulter plus de régularité de marche, plus de célérité relative et plus d'économie, les voies navigables, qui sont appelées à rendre les plus grands services, directement, par les transports qu'elles effectueront elles-mêmes, et, indirectement, par l'influence qu'elles exerceront sur la réduction des tarifs des chemins de fer, joueront, dans le système d'ensemble de nos voies de communication, le rôle si considérable qui leur appartient, et qu'elles ont été jusqu'aujourd'hui hors d'état de remplir convenablement. Il n'est pas d'amélioration qui intéresse à un plus haut degré le développement des ressources nationales et de la richesse publique. A ce titre, les travaux qui s'exécutent pour le perfectionnement de la navigabilité de certaines parties de nos fleuves et rivières, par l'établissement des barrages mobiles, ont une importance de premier ordre; à ce titre aussi, il n'est point d'effort tendant à réaliser un progrès dans les procédés de halage applicables au matériel actuel de la batellerie, qui ne mérite de fixer l'attention et d'obtenir des encouragements efficaces.

C'est à M. Triger, ingénieur civil français, qu'appartient l'honneur d'avoir le premier, dès 1841, opéré l'enfoncement d'un tube en métal de grand diamètre jusqu'à 20 mètres de profondeur dans des graviers perméables, en exécutant dans l'air comprimé l'enlèvement des déblais à l'intérieur de ce tube; et d'avoir, en outre, quatre ans plus tard, signalé le parti que l'on pouvait tirer de la mise en pratique de ce procédé, pour fonder des piles de pont à de grandes profondeurs. Mais c'est en Angleterre, en 1851, pour la reconstruction d'un pont de Rochester, que furent, pour la

première fois, appliqués à la fondation d'une pile de pont l'invention et les procédés de M. Triger. Malgré les difficultés qu'on avait éprouvées dans cette première expérience, notamment pour dominer les sous-pressions et pour faire sortir les déblais par le sas à air, d'autres applications suivirent bientôt après, parmi lesquelles il y en a une particulièrement à distinguer. En 1853 ou 1854, dans la construction d'un autre pont qu'on établissait, également à Rochester, pour le passage d'un chemin de fer, on introduisit dans l'appareil une modification, afin de diminuer la fréquence de la manœuvre du sas à air. Cette modification consista à faire traverser ce sas, de part en part, par deux cylindres mettant en communication l'intérieur du tube avec l'air extérieur, et destinés à livrer passage, l'un à la descente, l'autre à la remonte d'une chaîne de seaux munis chacun, à leur partie inférieure, d'une plaque en caoutchouc faisant piston dans les cylindres. Par l'effet du mouvement des chaînes, les seaux passaient successivement, à la partie inférieure des cylindres, dans l'air comprimé, où on les remplissait des matières à déblayer, et, à la partie supérieure, dans l'air libre, où on les débarrassait de leur contenu. Malgré l'imperfection du mécanisme, il y avait là le principe d'une amélioration notable.

Presque à la même époque, s'exécutèrent les travaux de fondation de la pile centrale du pont de Saltash, que nous avons précédemment décrits. Dans ces travaux, le constructeur s'attacha : 1° à diminuer l'effort des sous-pressions qui devaient être considérables en raison de la hauteur de l'eau au-dessus du rocher de fondation, en restreignant le plus possible la superficie horizontale de la chambre annulaire dans laquelle, seule, devait être opérée la compression de l'air ; 2° à équilibrer en grande partie les sous-pressions par le poids de la colonne d'eau introduite dans l'enveloppe supérieure du caisson, au-dessus du dôme de la cloche inférieure ; 3° à réduire la masse des travaux à exécuter dans l'air comprimé, au simple établissement d'un batardeau en

maçonnerie formant enceinte entre les parois de l'espace annulaire. Il y avait, dans ces dispositions, des conceptions nouvelles dont on sera frappé sans que nous les fassions ressortir. Autant que nous le pouvons savoir, le progrès, dans l'application de l'air comprimé à l'exécution des fondations des ponts, n'a pas été poussé plus loin en Angleterre.

En France, on a profité des exemples donnés aux deux ponts de Rochester et au pont de Saltash, et on a fait quelques pas de plus. Au sujet des fondations tubulaires exécutées à Mâcon, à Lyon et en divers autres lieux, nous ne dirons que ce qui est nécessaire pour préciser de quelle manière on opérait avant la construction du pont de Bordeaux. Dans les travaux faits sur ces divers points, comme dans ceux du même genre (1) exécutés en Angleterre, le sas à air ou chambre d'équilibre, coiffait la partie supérieure du tube, et portait directement le contre-poids destiné à s'opposer au soulèvement ou à provoquer l'enfoncement. Il fallait, dès lors, déplacer ce contre-poids, souvent très-considérable et d'un maniement difficile, long et dispendieux, toutes les fois qu'on devait démonter le sas à air, pour allonger le tube au fur et à mesure de l'enfoncement. D'ailleurs, on ne pouvait pas, selon les besoins et en proportion des résistances variables du sol, modifier instantanément la charge qui pesait sur le tube; d'où résultaient des enfoncements trop brusques ou des arrêts. Ces inconvénients avaient conduit au procédé dit de la *rentrée des terres*, expédient des plus fâcheux à plus d'un titre, qui consistait à déterminer la descente du tube en faisant cesser subitement la compression de l'air intérieur, et en amenant ainsi la rentrée violente de l'eau entraînant avec elle les terres et les autres obstacles qui s'opposaient à la progression de l'enfoncement.

(1) Dans ce paragraphe, on n'a en vue que les fondations *tubulaires* proprement dites, et non la fondation *par caisson* du pont de Saltash.

Ainsi qu'on l'a vu, — au pont de Bordeaux, le sas à air a été formé dans le tube même, au moyen de deux plates-formes qu'il suffisait de déplacer pour remonter le sas au fur et à mesure de l'enfoncement de l'appareil; et le contre-poids, au lieu de porter directement sur le tube, reposait sur l'échafaudage, et n'agissait sur le tube que par l'intermédiaire de presses hydrauliques interposées. Par ces heureuses modifications, et par d'autres dispositions que nous avons indiquées, on est parvenu à imprimer aux opérations une marche sûre et régulière qui a constitué un progrès important dans les procédés d'exécution des fondations tubulaires.

Le système suivi pour la fondation des piles du pont de Kehl, dérive manifestement du système de fondation de la pile de Saltash : que, dans le caisson de Saltash, on supprime la paroi intérieure de l'espace annulaire, et qu'on la remplace par un prolongement du cylindre central, traversant la cloche et descendant jusqu'à un niveau inférieur à la base du caisson; qu'on déplace le tube à air comprimé, pour le mettre en dehors du cylindre central, et qu'on lui donne un pendant symétriquement placé; on aura exactement un des caissons partiels des piles du pont de Kehl. Ces modifications, assez insignifiantes en apparence, sont importantes par le parti qu'on en tire. M. Fleur Saint-Denis place, dans le cylindre central, une machine à draguer opérant à air libre, et réalise ainsi d'une manière heureuse l'ingénieuse combinaison imparfaitement mise en pratique au second pont de Rochester. Mais, à part même cette disposition, l'appareil est, au pont du Rhin, employé tout autrement qu'à Saltash : c'est par le poids de la maçonnerie définitive de la pile, élevée, dans les conditions les plus commodes, au fur et à mesure que le caisson s'enfonce, qu'on y surmonte les sous-pressions et les résistances du sol. Les différences entre les systèmes sont donc capitales. Les différences entre les circonstances locales étaient aussi très-grandes; et, peut-être, les

si remarquables combinaisons inventées par M. Brunel convenaient-elles mieux que toutes autres, dans le cas tout exceptionnel de Saltash. Comme méthode à suivre dans des circonstances plus ordinaires, le système de Kehl paraît incontestablement préférable, et doit être considéré comme ayant fait faire à l'art un très-grand progrès.

Si l'on compare le système par caisson du pont de Kehl au système tubulaire du pont de Bordeaux, on voit d'abord que celui-ci comporte et implique même des surfaces de fondation très-réduites; tandis que l'autre semble nécessiter des bases d'établissement beaucoup plus larges, et devoir entraîner à des travaux fort coûteux : ce qui tendrait à réduire le nombre des cas d'application du premier mode. Mais ces considérations s'atténuent, quand on se rend compte des simplifications qu'admettent les dispositions adoptées au pont de Kehl. Déjà, dans la construction du pont dernièrement exécuté à la Voulte, sur le Rhône (ligne de Privas vers Crest, réseau de Paris à la Méditerranée), et dans les travaux du pont qui se termine en ce moment sur le Scorff, à Lorient (ligne de Nantes à Chateaulin, réseau d'Orléans), on a appliqué le système par caisson à des fondations de dimensions tout à fait usuelles, et à beaucoup moins de frais. Le système tubulaire, aussi, se prête à des modifications. Dans les fondations du pont en construction sur la Seine, à Argenteuil, pour le chemin direct de Paris à Dieppe, on a combiné les deux systèmes : en empruntant au pont de Bordeaux les tubes et les procédés d'enlèvement des déblais, et au pont de Kehl la chambre de travail, ici concentrée dans les anneaux inférieurs de la colonne tubulaire, et l'exécution progressive des maçonneries au-dessus du dôme de cette chambre, au fur et à mesure de l'enfoncement de l'appareil entier. Les simplifications et les combinaisons nouvelles, déjà introduites dans les deux systèmes, seront suivies sans doute de plus d'une autre modification. L'application de l'air comprimé à l'établissement des fondations des ponts a été une véritable con-

quête : son emploi semble appelé à se généraliser de plus en plus, en se simplifiant chaque jour davantage.

M. Clapeyron, membre du jury, ayant fait, sur les divers systèmes de superstructures métalliques des ponts et des viaducs, un travail spécial qu'on trouvera à la suite de ce rapport, nous nous bornerons, sur ce sujet, à des observations fort brèves et d'un caractère absolument général.

La création du type inventé par M. Robert Stephenson, vers 1845, pour le pont de Conway et pour le pont Britannia, a été l'inauguration d'une ère nouvelle dans l'art de la construction des grands ponts, parce qu'elle a révélé tout le parti qu'il était possible de tirer du fer laminé pour l'établissement de travées auparavant inexécutables dans de pareilles conditions de portée, de force et de rigidité. Encore appliquées, quelques années plus tard, par leur célèbre inventeur, au gigantesque pont Victoria, sur le Saint-Laurent, les dispositions originaires de ce type sont aujourd'hui délaissées ; non sans motifs : les parois latérales en tôle pleine qui en constituent une des parties essentielles, ont le défaut de n'offrir par elles-mêmes aucune résistance au voilement, à la déformation transversale; elles emprisonnent la vue pendant la traversée du pont, et elles donnent à l'ensemble de la construction un aspect lourd et disgracieux, en complet désaccord avec les effets qui devraient rés .lter de la nature de la matière employée. Pour atténuer ces derniers inconvénients, on a, dans la plupart des superstructures métalliques de ponts, à passage intérieur, construites depuis dix ans, constitué l'âme des fermes, non plus avec de la tôle pleine, mais par un lattis de lames plates formant un réseau de losanges suivant le mode américain : amélioration timide, qui a laissé subsister, à un degré plus ou moins marqué, plusieurs des défauts reprochés au type originaire. C'est par ce côté que donne prise à la critique le pont de Dirschau, un des plus remarquables spécimens des ponts en treillis.

Quelques ouvrages exécutés en France, en Angleterre, en Autriche, ont été conçus suivant des desseins plus arrêtés et plus nets. On s'y est proposé de donner aux fermes plus de solidité et de rigidité effectives sans augmenter le poids des fers, d'attribuer à leurs dispositions de détail des proportions plus en rapport avec les dimensions générales de la construction, et, par cela même, de constituer l'ouvrage entier dans des conditions plus prononcées de force, de décision, d'harmonie et d'élégance. A cet effet, on a composé les âmes des fermes de parties élémentaires beaucoup moins nombreuses, mais capables, par elles-mêmes, d'offrir, dans tous les sens, une résistance plus que suffisante aux efforts quelconques de tension, de pression ou de déformation, auxquels elles pourraient être soumises. Nous citerons, comme méritant d'être distingués, à ce point de vue, le pont de Bordeaux, le pont de Drogheda et le pont sur l'Eipel. Dans les modes différents des agencements adoptés pour les fermes de ces ponts, les mêmes tendances se manifestent; ces tendances se généralisent maintenant : on ne saurait douter que le progrès dans cette voie ne se caractérise chaque jour davantage.

Nous avons décrit en leur place les procédés employés pour le bardage et le levage des fermes, des travées et des piles métalliques des ponts et des viaducs, partout où ces opérations ont présenté quelque particularité digne d'être notée. Le pont de Saint-Just, le viaduc de Beelah, et surtout le viaduc de Fribourg, sont les ouvrages dans lesquels ces procédés d'exécution méritent principalement de fixer l'attention. Les progrès réalisés dans les méthodes de levage sont d'une importance considérable : combinés avec l'adoption des types à piles métalliques, ces progrès rendront possibles, faciles même, des entreprises devant lesquelles naguère encore on eût reculé. Or, la possibilité de franchir, à de grandes hauteurs, des vallées plus ou moins larges, au moyen de viaducs exécutés rapidement et sans dépenses

exorbitantes, est un point d'un haut intérêt, car il peut s'ensuivre des modifications très-avantageuses dans les conditions d'établissement des tracés de chemins de fer en pays de montagnes.

C'est un des signes caractéristiques de la fermeté d'allures qu'a désormais acquise l'art de l'ingénieur, que l'esprit de méthode qui préside à l'organisation des travaux dans presque toutes les branches des constructions publiques. Nous citerons comme très-remarquables, à ce point de vue : les travaux du port de Marseille, les formes de Castigneau à Toulon, le viaduc de Beelah, les viaducs de l'Inde.

Nous ne saurions nous abstenir de mentionner ici un fait d'une importance capitale, que l'Exposition ne pouvait pas mettre en évidence, mais qui a dû frapper tous les yeux dans nos villes et dans nos campagnes : c'est l'amélioration générale de la pratique d'exécution de tous les travaux publics, petits et grands. Des types simples, d'un bon modèle, convenablement appropriés à leur objet; des moyens puissants d'exécution; des procédés rapides et relativement économiques : voilà ce qui se rencontre maintenant à chaque pas. Ces résultats considérables ont été une des conséquences naturelles de l'immense développement donné depuis dix ans aux travaux publics. Tel ouvrage qui naguère eût été fort remarqué, se confond aujourd'hui dans la masse d'ouvrages sans nombre de même ordre : ce qui était œuvre exceptionnelle est devenu travail courant.

En résumé, les ouvrages qui, à l'Exposition universelle de Londres, représentent la grande industrie des travaux publics, témoignent hautement que l'art de l'ingénieur est partout en notable progrès, et qu'il se trouve au niveau des besoins de notre temps. Dans ce concours des nations, la France tient, de ce chef, très-honorablement sa place. Il est permis de dire que dans cette direction de l'activité humaine, aujourd'hui si ardemment poursuivie, elle n'est dépassée par aucun peuple, en puissance d'invention, en

finesse et en netteté de conception, en science sérieuse, en sens pratique, en esprit de méthode, en habileté d'exécution. Mais chaque peuple a son génie. Sous l'impulsion des facultés d'initiative individuelle qui caractérisent au plus haut degré leur race, les Anglais et les Américains continueront sans doute à être, en plus d'une occasion, de hardis pionniers dont les pas devront être observés d'un œil attentif et sympathique. D'ailleurs, les Anglais conservent encore les avantages d'une plus grande accumulation de capital, d'installations dès longtemps établies sur des bases plus larges, d'un marché plus étendu, et, ce qui est la conséquence de tout cela, d'une puissance de production supérieure. Les Américains sont stimulés à de prodigieux efforts par la nécessité de mettre en valeur le plus vite possible un continent tout entier, pour suffire à l'invasion d'une population qui s'accroît avec une rapidité dont il n'existait pas d'exemple. Les Allemands sont déjà de sérieux émules. Les Italiens, qui foulent un sol tout couvert de monuments, qui naguère étaient célèbres dans la science de l'hydraulique, et qui aujourd'hui encore offrent des exemples à suivre dans les applications de cette science, apporteront dans les constructions publiques, dès qu'ils seront sortis des difficultés de leur organisation politique, toutes les ressources de leur esprit délié, épris du beau, éminemment propre aux arts. L'Espagne et la Russie s'initient à la vie industrielle, et vont tirer parti des immenses richesses jusqu'à présent enfouies ou emprisonnées dans leurs territoires en friche et dépourvus de débouchés. La France, fidèle à son génie expansif et initiateur, a prêté assistance à tous les efforts qui se faisaient sur le continent d'Europe pour le développement des travaux publics. Elle a trouvé dans cette extension de son champ de travail un surcroît d'occasions de se rendre et de se montrer habile ; et elle continuera, tout autorise à l'espérer, à se signaler par les éminentes qualités dont elle a fait preuve à l'Ex-

position universelle de 1862. Dans la fièvre d'activité qui travaille tous les peuples, aucun d'eux ne pourra désormais, sous peine de déchoir ou de rester en arrière, se dispenser de s'informer continûment et avec sollicitude des progrès qui s'accomplissent ailleurs.

Nous pensons que, dès aujourd'hui, une étude attentive des installations des ports, des docks, des gares de chemins de fer, et d'autres établissements analogues, en Angleterre et en Amérique, serait très-profitable à la France, en ce qu'elle aurait sans doute pour résultat de nous amener bientôt à faire un emploi plus large et plus fréquent de certaines machines, à la fois simples, puissantes et d'une merveilleuse docilité, et notamment de la presse hydraulique, que les Anglais savent si admirablement utiliser dans tant d'applications diverses.

CHAPITRE III.

SUPERSTRUCTURE DES PONTS EN FER,

PAR M. CLAPEYRON.

Depuis la pensée hardie réalisée par Robert Stephenson pour la traversée des bras de mer de Conway et de Menai, rien de capital ne s'est accompli dans l'art de la construction en fer des travées des grands ponts.

On ne peut cependant passer sous silence les belles et originales solutions données par Brunel pour franchir de grandes ouvertures aux ponts de Chepstow et de Saltash, dont les modèles existent à l'Exposition.

Dans le premier, Brunel paraît préoccupé de l'avantage qu'il y aurait à remédier à un inconvénient que présentent les ponts de Victoria et Conway, et tous ceux qui ont été exécutés depuis sur le même principe. Cet inconvénient est

la conséquence de la faible distance qui sépare les parties qui travaillent à la compression, de celles qui travaillent à l'extension, distance mesurée par la hauteur de la poutre. La nécessité de transmettre ces efforts des unes aux autres, d'une manière efficace, par des feuilles de tôles, des treillis ou des croisillons, implique la nécessité de maintenir cette distance dans des proportions fort restreintes, parce que les parties qui travaillent à la compression perdent rapidement de leur résistance quand leur longueur s'accroît : de là la faible hauteur des poutres construites dans le système imaginé par Robert Stephenson ; elle varie entre 1/10 et 1/12 environ de l'ouverture, et a pour conséquence d'accroître beaucoup l'intensité des pressions, et par suite le poids du métal qui entre dans la construction du pont.

Dans le pont de Chepstow, au contraire, la hauteur de la poutre est 1/6 environ de l'ouverture. La partie supérieure qui travaille à la compression offre une section à peu près circulaire, conforme aux indications de la théorie ; sa hauteur au-dessus de la voie lui permet d'en occuper l'axe, et de remplacer à elle seule la partie comprimée des fermes, qui, dans les ponts ordinaires, sont placées des deux côtés de la voie. Cette circonstance permet d'établir une proportion convenable entre le diamètre du tube et l'épaisseur de la tôle dont il est formé. Deux pièces verticales travaillant à la compression et quatre tirants travaillant à la traction, et tracés suivant les diagonales, complètent ce pont remarquable, dont toutes les dispositions semblent dictées par les notions les plus saines de la mécanique.

Le pont de Saltash rappelle par ses dispositions principales le pont de Chepstow. Ici également la partie supérieure travaillant à la compression forme une pièce unique à section circulaire assez élevée au-dessus du tablier du pont pour en occuper l'axe; mais au lieu d'être à peu près rectiligne, elle est tracée suivant un arc de cercle présentant une convexité très-prononcée vers le haut; à ses deux ex-

trémités, qui correspondent aux culées du pont, sont attachées latéralement deux chaînes travaillant à la traction, et offrant une convexité semblable, tournée vers le bas. L'espace compris entre l'arc unique supérieur et les deux arcs latéraux inférieurs est rempli par des figures trapézoïdales, dont les côtés parallèles verticaux peuvent travailler à la compression ou à la tension, suivant la distribution des charges accidentelles; des tirants dirigés suivant les diagonales en rendent la forme invariable. Le tablier est supporté par des tiges verticales qui se rattachent aux deux chaînes inférieures. Dans le pont de Saltash, M. Brunel renonce à l'économie de matière à laquelle pourrait conduire l'encastrement qu'il serait possible de se procurer sur la pile centrale, en réunissant les deux travées contiguës.

La même pensée, comme on voit, préside à la conception de ces deux constructions remarquables; toutes deux affectent l'une des formes qu'indique la théorie pour la composition des poutres armées. M. Brunel s'efforce d'accroître la distance maximum qui sépare les parties qui travaillent à la pression et à la tension, ou ce qu'on peut appeler dans ces sortes de fermes le rapport de la flèche à l'ouverture. Il parvient à porter ce rapport au-delà de ce que comportent les ponts en poutre droite. La résistance par unité de section transversale des pièces qui, comme les colonnes, travaillent à la pression, est d'autant plus grande que leur longueur est plus petite, par rapport à leur section transversale. Il leur donne dans ce but la forme d'un tube creux à section ovoïde; ce tube, placé au-dessus de la voie à une assez grande hauteur, peut avoir un diamètre moyen de 2 mètres à 3 mètres, et supporte à lui seul les pressions qui lui sont transmises par les pièces dont se composent les deux fermes latérales entre lesquelles est comprise la voie. Il parvient ainsi à proportionner l'épaisseur des parois du tube à son diamètre et à sa longueur, en réalisant d'importantes économies par l'emploi combiné de ces ingénieuses dispositions.

Les autres modèles exposés par les ingénieurs anglais n'offrent rien de particulier. Je signalerai dans le viaduc sur la Boyne de sir John Mac Neill un double treillis dans chaque ferme latérale. Les pièces latérales, et dirigées suivant les diagonales qui les composent, lorsqu'elles travaillent à la pression dans le voisinage des piles ou culées, sont roidies par des croisillons placés dans leur plan commun. L'ingénieur paraît moins s'inquiéter qu'on ne le fait en France de proportionner le nombre des feuilles de tôles horizontales qui composent essentiellement la partie résistante des poutres, à la force qu'elles ont à supporter suivant la distribution des charges accidentelles sur les travées.

Les ponts construits en Allemagne et représentés à l'Exposition universelle, sans offrir aucune disposition bien originale, ne manquent pas de hardiesse, et témoignent des efforts des ingénieurs pour marcher dans la voie du progrès. Le plus ancien et sans doute le plus remarquable est le pont de Dirschau, sur la Vistule; il est composé de six travées de 121 mètres d'ouverture. Chaque travée est formée de deux poutres en treillis de $11^{m},50$ de hauteur. On a profité de cette hauteur considérable pour relier énergiquement par le haut les deux fermes qui comprennent la voie pour assurer le maintien de la section rectangulaire de la poutre. Le seul point qui donne prise à la critique, c'est que, contrairement à la pensée qui semble avoir inspiré M. Brunel dans la conception de ses ponts, celui de Dirschau est formé d'un grand nombre de parties de faibles dimensions, se prêtant sans doute plus aisément aux vibrations qui, dans les constructions de ce genre, doivent à la longue ébranler les rivets et exiger un entretien minutieux et difficile.

M. Maniel, dans ses ponts construits en Autriche, et dont le pont sur l'Eipel est l'un des spécimens, forme le treillis d'éléments moins nombreux, mais plus résistants. Les barres qui le composent affectent la forme des rails Brunel, qui leur donne, à poids égal, une rigidité très-supérieure à celle

qu'offriraient de simples barres de fer de section rectangulaire. On remarque aussi dans ces ponts la manière énergique dont la poutre est contreventée dans sa partie supérieure, et les appuis en fonte que l'auteur place sur les piles pour mettre obstacle à la déformation de la section rectangulaire de la poutre, sans que la fixité de ces appuis gêne les effets de la dilatation.

Un contreventement énergique et un maintien absolu de la verticalité des fermes sur les piles me paraissent des conditions capitales de la stabilité de ces constructions hardies; il est à désirer que l'autorité de M. Maniel appelle sur ce point l'attention des ingénieurs, qui me paraissent ne pas y attacher toujours l'importance qu'il mérite.

Le pont sur le Rhin, à Mayence, construit dans ce qu'on appelle le système Pauli, est formé de plusieurs travées de 105 mètres d'ouverture. Chacune d'elles a l'apparence générale du pont de Saltash de Brunel; comme lui, il néglige l'économie de matériaux que l'on pourrait obtenir par l'encastrement partiel que procurerait sur les piles une réunion très-solide des deux travées contiguës. L'arc supérieur a la forme d'un fer à double T vertical; l'arc inférieur est formé du même T couché à plat; les deux arcs sont réunis par des croisillons. Sous tous les autres points, le système Pauli s'écarte des dispositions de détail du pont de Saltash, dont il reproduit l'apparence générale. On se demande pourquoi l'auteur, qui renonce à concentrer, comme Brunel, la résistance à la compression des deux fermes sur un tube unique central, compris entre elles deux, n'a pas composé sa poutre d'un arc supérieur travaillant à la pression, et d'un entrait horizontal, comme au pont sur le Shannon : il eût ainsi diminué le nombre des pièces résistantes, simplifié sa construction, supprimé les appuis verticaux qui s'élèvent au-dessus des piles pour supporter les extrémités des poutres.

En résumé, le système Pauli reproduit l'une des disposi-

tions de poutre armée qu'indique la théorie, et qui n'est ni meilleure, ni pire que les autres. Toutes pèsent à peu près, proportionnellement au produit de l'ouverture, par le rapport de l'ouverture à la flèche, en donnant ce nom à la distance qui sépare la partie supérieure travaillant à la compression de la partie inférieure travaillant à la tension. Il semble que dans l'application de ce système au pont de Mayence, on ne s'est pas assez préoccupé, comme le fait Brunel dans le pont de Saltash, de concentrer les efforts de tension, et de compression surtout, dans le plus petit nombre possible de pièces séparées.

MM. Schnirch et Fillunger, de Vienne, proposent des ponts de fer et de fonte en arcs surbaissés qui n'offrent rien de particulier. Leur pont suspendu à l'usage des chemins de fer présente plus d'intérêt; l'innovation consiste à établir des deux côtés de la voie, dans un même plan vertical, deux chaînes parallèles, et de remplir l'intervalle par des figures triangulaires destinées à mettre obstacle aux variations de forme qui ont, jusqu'à présent, en général, détourné les ingénieurs de l'emploi des ponts suspendus dans la construction des chemins de fer.

La pensée de conserver aux ponts suspendus les avantages qu'ils présentent. tout en leur donnant la rigidité qui leur manque, n'est pas nouvelle. Le pont du Niagara offre une application remarquable de cette idée.

M. Marc Séguin forme les garde-corps de ses ponts suspendus d'éléments rectangulaires, reliés par des croix de Saint-André qui leur donnent les propriétés d'une poutre armée. MM. Schnirch et Fillunger donnent aux chaînes elles-mêmes la rigidité que M. Séguin s'efforce de donner au tablier. Il semble que l'on atteindrait le but d'une manière plus certaine en remplissant complétement par des figures triangulaires l'espace entier compris entre les chaînes et le tablier.

Quoi qu'il en soit, MM. Schnirch et Fillunger ont rendu

un véritable service en contribuant à affaiblir parmi les ingénieurs le préjugé contraire au principe de la suspension appliqué aux ponts des chemins de fer, et auquel avaient donné lieu quelques faits appréciés peut-être avec trop de légèreté, et dont on s'était hâté de tirer des conséquences trop absolues. Remarquons, toutefois, que le principe de la suspension peut donner lieu à des accidents subits auxquels échappent nos constructions actuelles, dans lesquelles l'approche du danger est en général signalé par des indices précurseurs.

L'exposition française comprend le pont de Saint-Just, sur l'Ardèche, exécuté sur les plans de M. Oudry, ingénieur des ponts et chaussées. Ce pont est composé de six travées en arc de cercle très-surbaissé. Les détails de construction des éléments en fer qui le composent sont d'une remarquable simplicité; il présente une innovation qui consiste à se procurer une sorte d'encastrement sur les piles, en unissant solidement entre eux les longerons de deux travées contiguës. Si le pont était, dans toute son étendue, à dilatation libre, si les variations de température ne donnaient lieu à aucune flexion, on comprendrait mieux les avantages de cette combinaison; quand on cherche à se rendre compte des conséquences qu'elle entraîne, on reconnaît qu'elle donne lieu à une grande instabilité dans les courbes de pression. Si le longeron sur les piles, dans de certaines conditions de température ou de règlement à la pose, est soumis à une force de traction, la courbe des pressions s'abaisse au-dessous des naissances et pourra souvent s'élever à la clef au-dessus des longerons; la composante horizontale des tensions sera réduite, mais elle sera répartie d'une manière plus inégale sur la section à la clef, qui, comprimée à l'extrados, sera souvent soumise à l'intrados à un effort d'extension, en sorte que l'on peut craindre que la pression maxima à l'intrados ne dépasse les limites que l'on s'impose dans les conditions ordinaires, où la pression, plus considérable il est vrai, se

répartit plus également sur toute la section. En outre, de légères variations de température déplacent les courbes de pression, et rendent bien difficile l'appréciation exacte des avantages pratiques qui peuvent résulter de cette innovation.

Le pont de Kehl, si remarquable par les procédés adoptés pour les fondations, ne m'a paru offrir rien de particulier en ce qui concerne la superstructure; je ne le mentionne que pour mémoire.

La Compagnie des chemins de fer du Midi a établi quatre grands ponts en fer sur la Garonne ou ses affluents; les trois premiers, celui de Langon, sur la Garonne, celui du Lot ou celui du Tarn, ont été construits, le premier par M. Saige, les deux derniers par M. Debauge, ingénieurs de section, sur les projets de MM. de Vergès, Flachat et Clapeyron, alors ingénieurs en chef de la Compagnie.

Les poutres en fer, sorties des ateliers de M. Gouin, sont construites en tôles pleines, suivant la pratique de Stephenson. Tout en reconnaissant l'économie et la solidité qui résultent de leur emploi, on ne peut se dissimuler que lorsque la voie repose sur la partie inférieure de la poutre, les parois pleines entre lesquelles circulent les trains ont l'inconvénient de priver le voyageur de la vue du paysage, et que l'apparence de ces grandes constructions ne rend pas sensible aux yeux leur légèreté effective. Cet inconvénient acquiert une certaine importance dans une ville grande et opulente; les ingénieurs de la Compagnie ont résolu de l'éviter dans la construction du pont de Bordeaux.

Les deux poutres qui supportent la double voie ont été largement ouvertes à la lumière et au jeu des ombres; elles sont composées de rectangles avec leur deux diagonales et se touchant par leurs côtés verticaux. C'est, comme on voit, un treillis à très-larges mailles dont les éléments sont en proportion avec l'étendue des espaces libres qu'ils laissent entre eux. On retrouve ici l'application du principe qui

semble avoir inspiré Brunel dans ses dernières constructions, où il s'efforce de diminuer le nombre des éléments qui les composent en accroissant les dimensions de chacun d'eux, dans le but, sans doute, de réduire l'effet des vibrations, et de se soustraire aux sujétions d'un entretien minutieux.

Cette vaste construction a été conçue, étudiée, et en partie exécutée sous la direction de l'ingénieur en chef, Alfred Bommart, de regrettable mémoire, qu'une mort prématurée a enlevé à sa brillante carrière et à l'affection de ses camarades. Elle fut terminée par M. Delaroche-Tolay, avec le concours de M. Regnault, ingénieur ordinaire sous ses ordres. Ce grand monument, remarquable par la rapidité avec laquelle il a été construit, et par l'économie relative des dépenses auxquelles il a donné lieu, fait le plus grand honneur aux ingénieurs qui en ont dirigé l'exécution; une part d'éloges est due aussi à M. Nepveu, de la maison Pauwels, à laquelle avait été confiée l'entreprise des travaux.

Je terminerai cette courte notice en exprimant le regret de n'avoir pas vu à l'Exposition la description ou les plans des grands ponts construits par la maison Ernest Gouin, avec un si brillant succès, sur les vastes cours d'eau rencontrés par le chemin de fer de Saint-Pétersbourg à la frontière prussienne, nouvellement livré à la circulation par la grande Compagnie des chemins de fer russes.

SECTION III.

ÉDIFICES PUBLICS, PROMENADES ET PLANTATIONS,

PAR M. ÉMILE TRÉLAT.

CHAPITRE PREMIER.

SALUBRITÉ DES ÉDIFICES ET MAISONS D'HABITATION.

Nous n'avons ni la pensée ni la possibilité de traiter ici la grande et difficile question de la salubrité dans les édifices. Elle appartient d'ailleurs à de plus légitimes et plus entières compétences que la nôtre. Mais si l'on a beaucoup cherché en France, depuis quelques années, on n'a pas moins travaillé et essayé en Angleterre. Il est utile de garder le souvenir de ces tentatives, quelquefois similaires aux nôtres, souvent très-différentes. Il paraît que c'est à la guerre de Crimée, aux insuffisances qu'elle signala dans l'organisation des hôpitaux militaires, qu'il faut faire remonter l'élan qui s'est produit de ce côté. Des esprits très-élevés et très-droits avaient travaillé déjà comme ils travaillent encore à ce beau sujet, et y avaient apporté les fruits de leurs efforts. Nous n'aurions qu'à citer un de nos honorables collègues, l excellent et respectable docteur

Arnott, pour rappeler bien des solutions ingénieuses et utiles. Mais l'ensemble des faits que nous avons à noter remonte à cette cause militaire. Nous croyons même qu'indépendamment du remarquable rapport officiel de MM. Sutherland, N.-H. Burrell et Douglas Dalton (1), auquel nous empruntons nos principaux renseignements, qu'indépendamment des notices, et de l'incessant dévouement de miss Florence Nightingale, un autre rapport officiel que nous n'avons pu consulter, et qui a eu aussi un grand retentissement, celui de MM. Fairbairn, Glasher et Wheatstone, date de la même époque (2).

Dans les hôpitaux civils, les dispositions les plus variées se rencontrent pour assurer la salubrité. Les deux systèmes de ventilation en opposition chez nous y ont leurs applications. La ventilation par pulsion est représentée par l'appareil de M. le docteur Arnott, à York-Infirmery. Son propulseur est une pompe à air, véritable cloche de gazomètre plongeant dans l'eau. Elle est pourvue de soupapes convenablement disposées, et d'un mouvement alternatif qui, grandissant ou diminuant la capacité remplie d'air, aspire et repousse successivement ce gaz.

La ventilation par extraction est employée dans plusieurs asiles d'aliénés, particulièrement dans celui de Derby. Nous l'avons vue installée à *Guy's Hospital*, à Londres, et nous y reviendrons. Des appareils de chauffage général fonctionnent encore en rappelant quelques-unes de nos installations. A *Brompton Hospital*, on reconnaît la disposition appliquée par MM. René Duvoir et d'Hamelincourt. C'est un chauffage à eau chaude, utilisant l'idée de la spécialisation des circulations horizontales et verticales du liquide. Une circulation basse partant du foyer distribue l'eau chaude sous toute la

(1) *General report of the commission appointed for improving the sanitary condition of barrack and hospitals, 1861.*

(2) *Report made to the general Board of Health.*

surface de l'édifice, de manière à permettre d'y raccorder des circulations secondaires et verticales montant directement partout où il est nécessaire de conduire la chaleur en hauteur. La circulation horizontale n'est, pour ainsi dire, que l'extension sous tout le bâtiment du réservoir d'eau chaude ; les circulations verticales sont les porteurs de chaleur aux points où elle doit être utilisée. Nous n'avons pas à discuter ici les avantages de ce procédé, qui a été justement apprécié dans plusieurs traités et publications.

On rencontre encore, quoique réduit dans ses applications, le système à très-haute pression de M. Perkins, à peu près abandonné chez nous.

The London warming and ventilating Company emploie sur une grande échelle des poêles et des conduites qui sont pourvus de nombreuses plaques, parallèles ou non, épanouissant ainsi dans l'air des lames conductrices de la chaleur, de manière à développer la surface de chauffe en raison même de la conductibilité du métal.

Guy's Hospital (1) est un établissement dans lequel fonctionnent concurremment la ventilation artificielle par extraction et un renouvellement d'air, qui est une suite de dispositions spéciales traduisant des idées récemment produites dans le pays sur les conditions de la salubrité des hôpitaux. Nous décrirons plus loin ces dispositions.

L'hôpital contient en tout cinq cent quatre-vingts lits. Une partie neuve a été ajoutée, en 1852, contenant cent cinquante lits disposés en trois étages. Chacun de ces étages, desservi par deux sœurs et quatre femmes de service, est divisé en quatre salles pouvant recevoir douze ou treize malades. Les salles sont couplées deux à deux, à droite et à gauche d'un mur de refend longitudinal percé de très-grandes baies, en sorte que les expositions des deux salles jumelles sont

(1) Un des nombreux hôpitaux de Londres situé près du pont de Londres.

opposées et censées profiter à l'une et l'autre salle. L'étage comprend donc deux doubles salles semblables, lesquelles sont séparées par une grande pièce centrale, ayant toute la largeur du bâtiment, c'est-à-dire le double de la largeur des salles. Au centre de cette grande pièce sont cantonnées quatre petites pièces assez étroites pour laisser libres les baies centrales des murs de face, qui lancent leur jour au milieu de l'espace. Ce sont : le cabinet des sœurs, une pharmacie, un lavabo et une salle de bains. Les salles de malades ont toutes 6m,40 de largeur et 4m,25 de hauteur. Celles de treize lits ont 21m,35 de longueur. Les autres, réduites à douze lits, n'ont que 19m,50, parce qu'on a pris sur leur longueur l'espace d'un water-closet et d'un cabinet pour le linge. A l'une des extrémités de ce plain-pied on a encore ménagé des cabinets d'aisances; à l'autre, la cage d'escalier, qui dans l'avenir pourra desservir une superposition d'étages symétriques à ceux que nous décrivons.

Indépendamment des premier, second et troisième étages affectés aux malades, le quatrième est occupé par le logement des filles et gens de service, et le rez-de-chaussée est consacré aux salles de réception, de pansement, de bains pour les malades du dehors et des deux sexes, aux salles de consultations médicales et chirurgicales, à la pharmacie, au laboratoire, au cabinet du médecin, du chirurgien, du dentiste, etc. L'édifice est ainsi composé de cinq étages superposés.

Sur la façade, deux tours s'élèvent à droite et à gauche de la cage d'escalier. L'une d'elles sert de prise d'air à la ventilation de la partie construite, comme l'autre servira à l'aile qu'on bâtira dans l'avenir. Derrière le bâtiment, une autre tour est ménagée pour recevoir les gaz viciés de la ventilation et les fumées de tous les foyers, car il n'y a aucun corps de cheminée sortant des toits.

A l'exception des pièces de service entre les salles accouplées, de la cage d'escalier et de quelques chambres du rez-

de-chaussée, toute la construction est chauffée et ventilée artificiellement. Cela représente une capacité de 14,150 mètres cubes, ainsi répartis : au rez-de-chaussée, 3,114 mètres cubes; à chacun des trois étages du traitement, 2,971 mètres cubes; au quatrième étage, 2,123 mètres cubes. Le système de ventilation (1) consiste à faire descendre l'air frais dans la tour d'alimentation, à le faire passer par des canaux horizontaux qui courent longitudinalement dans les soubassements, près des murs extérieurs, et qui l'amènent aux conduits verticaux pratiqués dans la maçonnerie jusqu'aux salles. Sur les faces opposées de ces salles, des conduits d'évacuation entraînent l'air vicié de chaque étage à travers d'autres conduits verticaux qui se jettent dans le collecteur horizontal des combles et joignent la haute tour d'évacuation. Là, l'appel est produit et entretenu par la chaleur perdue du foyer de chauffage placé dans les caves. L'hiver, ce foyer alimente une circulation d'eau chaude qui passe horizontalement dans les canaux horizontaux du soubassement, et que l'air coupe transversalement avant d'arriver aux salles (2).

M. l'ingénieur Egan Rosser, qui a installé ce système et qui a bien voulu nous communiquer son mémoire et le résultat de ses expériences anémométriques, dit que ses calculs sont établis pour assurer, l'été, un renouvellement d'air de 117 mètres cubes par lit et par heure. L'hiver, les expériences ont montré qu'il atteignait généralement 112 mètres cubes, et qu'il était une seule fois descendu à 62 mètres cubes. Jusqu'à présent, des raisons d'économie ont porté à éteindre le feu la nuit, pendant cette saison, ce qui a toujours occasionné une mauvaise atmosphère dans les salles,

(1) La circulation d'eau s'effectue dans des tuyaux de fonte à section triangulaire, avec ailettes s'étendant en dehors aux angles et suivant les bisectrices, de manière à augmenter la surface de chauffe dans les parcours.

(2) Système de feu M. Silvester, appliqué à l'asile d'aliénés de Derby, exécuté à Guy's Hospital par M. l'ingénieur Egan Rosser.

surtout le matin. On a voulu satisfaire l'économie et remédier au mal en couvrant le feu de l'appareil sans l'éteindre, et l'on a ainsi maintenu un aérage variant entre 40 mètres cubes et 80 mètres cubes par heure et par lit.

Les salles du rez-de-chaussée reçoivent quelquefois deux cents ou trois cents malades venus du dehors, en même temps, à l'heure des consultations. Comme la ventilation est préparée pour fournir 5,500 mètres cubes environ par heure dans le local, M. Rosser remarque que chaque individu, pendant qu'il y a foule, ne profite guère que de 18 mètres cubes ; ce qui, pour des gens pauvrement vêtus, est insuffisant. Il en résulte, surtout dans les temps de pluie, des odeurs de vêtements désagréables, mais qui ne persistent pas quand la salle s'est vidée et que le renouvellement d'air a été continué quelque temps.

Ces résultats sont curieux à rapprocher de ceux qui ont été signalés en France. Les chiffres de consommation d'air qu'ils donnent sont presque identiques à ceux que nous avons eu l'occasion de recueillir à l'hôpital Lariboisière, et à ceux, bien autrement concluants, publiés par M. le général Morin, dans les études si complètes et si variées qu'il a entreprises avec un persistant dévouement sur nos grands établissements ventilés.

Ce n'est pas sans intérêt non plus qu'on trouvera ici les observations plus détaillées du travail de M. Rosser, qu'on nous permet de citer. Nous n'hésitons pas à y joindre encore celles relatives aux températures dans lesquelles on ne rencontrera pas la même concordance avec les observations connues chez nous. La température normale à laquelle on doit maintenir les salles est de 15 degrés, 5 à 16°,7. Dans la période la plus dure de l'année 1858, pendant laquelle la température moyenne extérieure a été de 1°,1, la température intérieure est descendue à 13°,89. On obtient, dans les différentes parties des salles, une température dont l'écart est rarement de plus d'un demi-degré centigrade, et qui n'a atteint qu'une seule fois 1°,5. Pourtant, les extrémités

des surfaces de chauffe, qui ont une étendue de 313 mètres carrés, sont distantes du foyer de 61 mètres.

M. Rosser produit des résultats d'expériences d'où l'on peut conclure que chaque mètre carré de la surface métallique de ses tuyaux permet d'élever de 1 degré en une minute la température de 24 mètres cubes d'air. C'est à peu près le résultat auquel atteignent les bons appareils exécutés en France, pour lesquels les constructeurs comptent 40 mètres carrés de surface de chauffe par 1,000 mètres cubes chauffés. On voit encore dans les mêmes expériences que 1 kilogramme de houille, brûlé dans le foyer de l'appareil, laisse parvenir aux salles une quantité de chaleur employée tant à chauffer l'air qu'à compenser l'absorption par les murs et les vitres, laquelle peut être mesurée par l'élévation d'environ 17,000 mètres cubes d'air de 1 degré centigrade. Comme la combustion d'un kilogramme de houille produit la quantité de chaleur suffisante pour chauffer 23,500 mètres cubes d'air, de 1 degré, M. Rosser conclut que son appareil donne un effet utile de 75 0/0. Nous n'établirons pas sur ces chiffres une discussion dont les arguments n'auraient ici aucun intérêt; mais nous reprendrons un autre côté plus saillant des conclusions de M. Rosser.

En outre du chauffage et de la ventilation de l'appareil général, chaque salle de malades bénéficie d'un foyer spécial à *feu ouvert*. Ces foyers indépendants donnent lieu à une consommation de combustible qui excède de plus d'un tiers celle des calorifères, ce qui fait dire à l'auteur que les cheminées isolées des salles sont une superfétation qui n'entraîne qu'une dépense considérable, et tout à fait disproportionnée avec les résultats qu'elle procure. Nous sommes, par cette observation même, mis en présence d'un système entièrement opposé, et qui se trouve aujourd'hui exploité dans tous les hôpitaux militaires, ainsi que dans quelques établissements civils, parmi lesquels nous devons citer les anciens bâtiments de Guy's Hospital.

En 1857, à la suite des préoccupations que nous avons signalées au commencement de ce chapitre, une commission fut instituée par lord Herbert, secrétaire d'État de la guerre, à l'effet d'améliorer les conditions sanitaires des casernes et des hôpitaux militaires. Cette commission, composée de MM. le docteur Sutherland, W. H. Burrell, Douglas Dalton, reçut les instructions les plus larges pour jeter la lumière et porter immédiatement remède au mal, évidemment très-grand, qui était signalé. Elle devait non-seulement connaître et constater tout ce qui, dans l'organisation de la vie du soldat, était cause évitable d'insalubrité ou de maladie, mais elle avait les pouvoirs nécessaires pour commander et diriger immédiatement elle-même, et sur la simple signature de son président, tous les travaux qu'elle jugerait convenable de faire exécuter, pourvu que la dépense n'excédât pas 2 500 francs par établissement. Au-delà de cette somme, elle prenait autorisation du secrétaire d'État. Quel modèle d'utile délégation! Quelle leçon critique au système des commissions à fracas, des contrôles étagés! Quel témoignage fortifiant donné à des hommes élevés d'eux-mêmes au-dessus du doute de l'opinion dans un pays libre! Cette belle mission, si grandement conçue par un ministre, homme de bien, que l'Angleterre regrette aujourd'hui, donna lieu à une longue, laborieuse et féconde visite dans les établissements de la guerre, et à un riche et remarquable travail qui fut imprimé et soumis au Parlement en 1860, par ordre de la reine. L'examen local des commissaires porta, tant en Angleterre qu'en Écosse et en Irlande, sur deux cent quarante-trois établissements, dont cent soixante-sept hôpitaux. Le rapport rassembla les documents les plus complets et motiva les observations les plus variées et les conclusions les plus nettes. Ces dernières présentent un vif et puissant intérêt, parce qu'elles sont appliquées déjà dans beaucoup de localités au bénéfice marqué de la santé de l'armée, et parce qu'elles le seront partout très-prochainement. Il est

donc essentiel de les relater en ce qui concerne l'art des constructions.

Après avoir recherché et signalé les conditions d'aération extérieure auxquelles devait satisfaire toute construction habitée, comme le sont les hôpitaux et les casernes, les commissaires ont déterminé comment on devait pourvoir au renouvellement de l'air intérieur. Sans condamner pour d'autres applications les procédés par propulsion ou extraction artificielle de l'air, ils en ont absolument repoussé l'emploi dans les établissements militaires, en se fondant sur les considérations suivantes : 1° Ces installations sont coûteuses. 2° Il y a nombre de cas où l'état des vieux bâtiments ne pourrait supporter les *tranchées* nécessaires à la construction des conduites d'air dans les murs, ce qui rendrait impossible l'utilisation d'un plan uniforme. 3° Le feu découvert est aussi essentiel à une chambre habitée que les portes et les fenêtres. Dans le système par propulsion on n'a jamais employé simultanément les feux des cheminées à l'intérieur, ce qui eût fait double dépense, et l'on a fait arriver l'air au bas des pièces, ce qui est très-mauvais lorsque cet air n'est pas chauffé préalablement, puisqu'il arrive directement sur les habitants. Avec le système par extraction, les cheminées dans les salles ont encore un autre inconvénient ; car, outre la dépense double qu'elles causent, elles fonctionnent en concurrence de la ventilation du système, la gênant ou en étant gênée. 4° Il faut un personnel spécialement formé pour faire fonctionner de semblables appareils, les entretenir et les réparer. 5° Souvent, dans les petits établissements, on néglige la surveillance à ce point d'en rendre impossible la marche, qu'un simple registre fermé peut arrêter longtemps ; souvent aussi la lassitude de ces soins laisse tomber l'appareil en désuétude. 6° Enfin, si ces appareils sont d'un intérêt marqué dans les localités parfaitement closes, ils ne conviennent pas à des pièces dont l'entrée est toujours plus ou moins banale, dont les fenêtres doivent être souvent ouvertes,

et où il faut absolument ménager des foyers découverts.

La cheminée dans les salles de malades a été alors considérée comme de toute nécessité. Et de plus, convaincus que rien ne faisait une aussi bonne et saine atmosphère dans une chambre d'hôpital que l'aérage fréquent par les fenêtres, les commissaires ont étudié les moyens d'assurer, dans le plus grand nombre de cas possible, un renouvellement d'air analogue. C'est dans ce but que, de leurs études et de leurs observations, ils ont conclu que l'on devait avoir, dans toutes les salles, des bouches d'introduction d'air extérieur, mais que ces bouches, de sections convenables, devaient être tellement disposées qu'on en puisse user dans le plus grand nombre de cas possible. Cela imposait de ménager l'entrée d'air au maximum d'éloignement des malades, et de donner au courant introduit la direction la plus contraire à une prompte arrivée sur ces derniers. Il était d'abord facile de conclure que les bouches ne seraient jamais placées au bas ; on vit ensuite qu'il fallait faire entrer l'air non-seulement aussi près du plafond que possible, mais de bas en haut, de façon à venir rencontrer au plus tôt cette surface haute. Comme on observait que l'air en mouvement suit les surfaces qu'il rencontre sans se réfléchir, on pensa par cette sorte d'accès assurer, avant l'arrivée auprès du malade, le très-long parcours du plafond suivi dans toute sa largeur et du mur opposé redescendu dans toute sa hauteur. C'est en effet ce qui se passerait si l'atmosphère intérieure n'était pas généralement à une température plus élevée que l'atmosphère extérieure, et si la cheminée n'agissait pas sur l'introduction. Ces deux causes font, la première, que l'air, plus dense à l'entrée, tend à tomber; la seconde, qu'il est attiré dans la direction du foyer. Si ce foyer est en face ou loin de l'introduction, il se fait, entre ces trois causes de mouvements divers, une résultante qui mélange insensiblement l'air nouveau à l'air ancien, en élevant sa température. Un courant spiraloïde, de section constamment accrue et de

vitesse constamment diminuée, s'opère le long du plafond du mur de face, du parquet, de l'autre mur, et ainsi de suite jusqu'à la sortie par la cheminée.

Mais si, indépendamment de la cheminée et en vue d'accroître le renouvellement d'air, on a préparé à l'opposé de l'introduction une ouverture de sortie dans le plafond, coiffée d'un coffre vertical allant déboucher sur les toits, la sortie de l'air se partagera entre la cheminée du foyer et cette nouvelle issue. Voilà pour tous les temps où l'air extérieur pourra sans inconvénient être directement introduit, ce qui, par de tels moyens, a été reconnu être infiniment plus fréquent qu'on ne l'aurait pu supposer. Restaient les temps durs de l'hiver. Alors, une bouche complémentaire introduit et amène l'air derrière le foyer, où il se chauffe en montant le long du coffre de la cheminée, pour venir encore sortir en haut près du plafond.

Pour réaliser les bénéfices de ces observations, les commissaires avaient à leur disposition plusieurs appareils déjà conçus et appliqués: 1° L'ingénieuse et si simple bouche d'extraction du docteur Arnott, composée d'une légère étoffe de soie pendue derrière une plaque percée, laquelle est placée sur une ouverture pratiquée dans la languette de face de la cheminée. L'appel de la cheminée détache l'étoffe de la plaque percée, qui laisse échapper l'air de la chambre; au contraire, le retour de courants dans la cheminée applique l'étoffe sur la plaque et garantit contre les rentrées de fumée. Nous avons vu fonctionner ce bon appareil chez M. Arnott, où il sert à la ventilation de toutes les pièces de ses appartements depuis de nombreuses années;

2° La bouche de Seringham, espèce de trémie qui s'ouvre dans le mur sur un axe horizontal placé au bas de l'appareil, de façon à offrir sa section béante au plafond. C'est une ouverture d'introduction;

3° Le ventilateur de Watson et celui de Mackinnell, le second étant un perfectionnement du premier. Deux tubes concen-

triques et verticaux sortent du plâfond et vont au toit. Celui du milieu monte plus haut que l'autre et descend plus bas que le plafond, en se terminant par un vrai rebord de chapeau horizontal. L'air entre dans l'espace annulaire par le tube le plus court, descend, rencontre le rebord horizontal, qui le ramène sur la sous-face du plafond, suit cette dernière, se mélange dans la pièce et ressort par le tube central, où se fait un appel en raison des différences de hauteur des tubes. C'est un appareil de ventilation complète;

4° Le ventilateur de Muir. Une cheminée carrée monte du plafond au-dessus du toit, où elle se termine en lanterne couverte en haut, ouverte sur les côtés, mais protégée par des lames de persiennes. A l'intérieur, deux cloisons diagonales courent verticalement du haut en bas. Le but de cette disposition est de profiter des moindres courants d'air (car l'atmosphère est rarement tout à fait calme) pour assurer l'introduction, par celle des quatre gaînes qui est sous le vent; l'extraction, par la gaîne opposée.

La commission, qui avait à préparer le renouvellement de l'air dans les localités très-diverses de ses nombreux édifices, utilisa ces appareils dans les chambres isolées, les corps de garde et autres lieux; mais elle prépara et proportionna avec grand soin ceux qu'elle voulait établir dans les salles de casernes et des hôpitaux; et d'abord, elle établit sur l'expérience raisonnée les bases de ses proportions.

Quel renouvellement d'air donne une cheminée ordinaire? Ce fut la première question qu'elle résolut. Cela peut varier beaucoup, dit l'anémomètre : entre 170 et 1,700 mètres cubes par heure (1). Dans une chambre habitée par douze personnes ayant à leur disposition une capacité cubique de 170 mètres cubes, l'atmosphère serait au minimum renouvelée en une heure, et il y aurait dans ce renouvellement de quoi assurer

(1) Ces chiffres sont conformes à ceux obtenus et donnés par M. le général Morin.

le départ plus que complet de tout l'acide carbonique et de toute l'eau produite par la respiration. Mais il y a autre chose à enlever. Ce sont les composés méphitiques et légers que l'organisme produit, et que l'odorat, si bon juge en pareille matière, reconnaît se fixer à la partie haute des pièces. Cela n'est pas et ne peut pas être évacué par les cheminées. Elles sont donc insuffisantes. C'est par l'expérience directe et en se servant de l'odorat que la commission détermina l'importance de la ventilation complémentaire à ménager.

Dans douze chambres habitées de *Wellington Casern*, pourvues de bouches d'introduction et de bouches d'extraction d'air, préparées avec des sections modifiables à volonté, on fit, pendant plusieurs mois, des observations et des tâtonnements nombreux. On notait les températures intérieures et extérieures, l'état hygrométrique de l'atmosphère, et l'on mesurait les quantités d'air entrées et évacuées. Cela se faisait entre 2 heures et 5 heures du matin. Tout fut recueilli avec le plus grand soin, et l'appréciation de l'odorat concluant, on reconnut :

Que dans une pièce offrant une capacité de 17 mètres cubes par homme, ce qui est un minimum, toute la capacité de la chambre doit être complétement renouvelée en une heure, ce qui veut dire que chaque homme doit avoir à sa disposition $2 \times 17 = 34$ mètres cubes d'air frais par heure, pour que le lieu habité soit sain; que cette quantité peut même ne pas être suffisante en toute saison pour enlever complétement l'odeur; car, en été, quand le temps est humide, c'est en vain qu'on ouvrirait les fenêtres à deux battants dans une chambre où dorment un grand nombre de personnes.

La commission arrêta en principe *de rendre indépendante la ventilation de chaque pièce et d'assurer le renouvellement de l'air : 1° par une cheminée; 2° en utilisant la différence des températures et des densités de l'air extérieur et de l'air intérieur.*

Pratiquement, les règles suivantes furent établies :

A. — La bouche d'extraction et sa gaîne doivent avoir une section de 6cent.q ,25 pour chaque volume de 1m. cube,410, 1,550 et 1,690 de la capacité totale de la pièce,

Selon qu'il s'agit :

1° D'un plancher sous les combles ;

2° D'un second plancher à partir des combles ;

3° D'un troisième plancher à partir des combles.

Les gaînes doivent être faites en matériaux aussi lisses que possible à l'intérieur ; elles doivent sortir du toit de 0m,90 à 1m,20, être protégées par une lanterne avec lames de persiennes, et être munies d'une ventelle. On les placera dans un angle du plafond. On peut être amené, dans quelques cas exceptionnels, à prolonger un peu la gaîne sous le plafond et à l'ouvrir dans la pièce par des lames de persiennes dirigées de bas en haut.

B.—La bouche d'introduction d'air, placée sur la paroi des baies et près du plafond, doit être réglée selon les dimensions suivantes :

6cent. q.,25 par chaque 1m cube,680 du cube de la pièce.

L'introduction de l'air chauffé autour de la cheminée sera réduite à :

6cent. q.,25 par chaque 3m. cube,360 de la capacité de la pièce.

Le nombre des introductions pour produire ces sections variera suivant les dimensions de la pièce. Pour une pièce habitée par dix ou douze personnes, deux orifices, autant que possible sur les murs opposés, mais non face à face, suffisent. L'appareil en lui-même est ainsi fait : à l'extérieur du mur, une grille. Dans l'épaisseur du mur, la baie a son appui incliné vers le dehors, pour donner déjà un sens à la marche de l'air. Sur la face interne, une ventelle à bascule, à contrepoids et à axe inférieur horizontal, se manœuvre avec une corde pendante. Le tout est recouvert d'une espèce de corniche en bois fermée par des jouées latérales. Le dessus, en zinc incliné à 45 degrés sur le plafond, est percé de trous

formant une aire totale sept ou huit fois grande comme celle de la ventelle.

C. — Les foyers des cheminées doivent avoir des ouvertures de largeurs variables :

Pour une pièce cubant	100	mèt.	l'ouverture sera de	0m,38
—	218	»	—	0m,43
—	336	»	—	0m,53

Pour les pièces plus grandes, on placera deux cheminées.

La cheminée comporte une grille soutenue à 0m,30 ou 0m,40 du sol. Un double fond permet à l'air de la pièce de pénétrer dans le combustible devant, derrière et sur les côtés. Le chauffage de l'air introduit utilise d'ailleurs toutes les surfaces chauffées disponibles, comme dans les appareils de nos maisons, plus la chaleur du coffre montant de cheminées.

Une chambre pourvue d'un système ainsi proportionné et comportant des introductions, une bouche de sortie et sa cheminée, fonctionne de manière à maintenir un air de bonne qualité et une température égale dans la pièce, et cela a lieu par un débit sensiblement égal dans la cheminée et dans la gaîne.

Donnons maintenant quelques indications relatives aux dimensions des salles elles-mêmes.

La commission établit que, suivant le climat, il faut ménager à chaque malade un cube de salle variant entre 33 m. cube,960 et 42,550. On suppose deux rangs de lits, têtes aux murs, et un passage au milieu. Chaque lit ayant 1m,98 de long et le passage ayant 3m,36 de large, la salle aura une largeur de 7m,32. Chaque lit bénéficie, dans le sens de la longueur de la pièce, d'une étendue de 2m,21, ce qui, pour des lits de 0m,915 de largeur, donne un entre-deux de couchettes égal à 1m,29. Chaque malade a donc à sa disposition une surface de salle $= \frac{7^m,32}{2} \times 2^m,21 = 8^{mq},108$. La hauteur de la salle se détermine en divisant le cube assigné à chaque malade par

le chiffre de cette surface. En comptant, par exemple, $34^{m.\,cube},50$ par lit, on a $\frac{34^{m\,c},50}{8^{m\,c},08} = 4^{m},27$, qui est la hauteur appliquée comme un minimum dans les nouvelles constructions. Le nombre des lits doit être divisible par quatre pour utiliser les angles, où ils sont placés à $0^{m},50$ du mur extrême. Les croisées sont en nombre égal à la moitié de celui des lits, ce qui donne deux lits par trumeau. Elles laissent en haut, entre le linteau et le plafond, un espace de $0^{m},305$, et l'appui est à $0^{m},76$ du sol. Dans les salles de $4^{m},27$ de haut, cela donne des baies de $3^{m},20$ sur $3^{m},05$ de large, produisant une surface de $9^{mq},76$ et donnant, par conséquent, à chaque malade $\frac{9^{mq},76}{2} = 4^{mq},88$ de croisée.

Toutes ces données sont appliquées autant que possible dans les anciennes constructions, et réalisées complétement dans les nouveaux hôpitaux.

A l'hôpital Herbert, à Woolwich, tout se dispose en ce moment selon ces règles. Six cent cinquante malades pourront être reçus dans l'établissement, où quinze salles de trente-deux lits et d'autres chambres pour des maladies contagieuses sont préparées. Il n'y aura que deux étages, condition excellente. Le plan est celui de Lariboisière modifié par la suppression de la cour, qui est remplacée par une simple galerie de communication. L'administration, au lieu d'être placée sur un axe perpendiculaire aux pavillons, se montre parallèle à la galerie de communication et en avant, en sorte qu'en arrivant on verra les pavillons de bout. Entre ces derniers, les cours ouvertes à une extrémité ont $19^{m},40$, largeur double de la hauteur des constructions, ce qui est loin d'exister à Lariboisière.

Hounslow (1), que nous avons visité avec M. le docteur Sutherland lui-même, est un hôpital de régiment. C'est une construction pleine d'intérêt. Tout y est conçu hygiéniquement, disposé simplement, exécuté économiquement. La

(1) A 5 milles de Londres, sur un embranchement du chemin de Windsor.

dépense a été de 2,500 francs par lit. C'est un chiffre extrêmement réduit, qu'il ne faudrait pourtant pas comparer sans réserve avec ceux de nos grands nouveaux hôpitaux, où la même nature de dépense ressort à 16,000 ou 18,000 francs. Une grande partie du lourd service des établissements français est ici supprimée, comme dans la plupart des hôpitaux anglais, où le lavage de linge, par exemple, se fait au dehors. Malgré cela, la solution économique est parfaite et digne de servir d'exemple. La construction ne présente rien de mesquin comme choix de matériaux. Les murs sont en briques, ont une épaisseur convenable (0m,50) (1) et sont protégés contre l'humidité par des travaux qui n'ont pas manqué que de coûter. C'est un sommier en terre cuite gréseuse, qui est percé de trous comme la brique creuse, et qui est placé à 0m,30 du sol environ; c'est, de plus, une application de briques creuses faisant en même temps, par sa forme de cornière, harpe sur l'épaisseur d'un lit et parement sur l'épaisseur de deux lits. Ces deux matériaux constituent une robe solide et imperméable sur toute la face extérieure des parois. Toutes les pièces sont planchéiées en sapin. Les portes sont en sapin aussi, mais de forte épaisseur (0m,052), avec barres d'encadrement et décharges.

L'établissement comprend deux étages. A chaque étage il y a deux grandes salles de vingt-huit lits chacune et deux petites salles de deux lits; total, cent vingt lits. Les deux étages sont semblables. La petite administration occupe le centre, avec les cuisines et dépendances derrière. Dans les salles, il y a deux cheminées, placées, l'une au premier quart de la pièce à droite, l'autre au dernier quart à gauche, et l'on a pris toutes les dispositions d'aération que nous avons décrites. L'entrée s'ouvre à l'extrémité qui tient au centre de l'édifice, entre la salle du surveillant et un petit office. A l'autre ex-

(1) Cette épaisseur serait insuffisante pour la pierre, corps bien meilleur conducteur de la chaleur.

trémité, une grande baie s'ouvre, chose essentielle pour les forts renouvellements d'air. Nous n'avons pas chez nous cette heureuse disposition, presque partout usitée en Angleterre, même dans les vieux hôpitaux. On entre à gauche et à droite de cette grande baie dans deux petits vestibules très-bien éclairés, qui conduisent l'un aux water-closets, l'autre aux bains et aux lavabos, tous deux remplis aussi de belle lumière. On a appliqué la règle d'un siége et d'une cuvette pour dix malades. Nous ne décrirons pas ces appareils, qu'un autre rapporteur, M. Mille, a dû étudier plus spécialement. Cet établissement est un témoignage frappant de tout ce qu'on a fait depuis quelques années pour améliorer l'installation des hôpitaux; nous en conserverons l'excellent souvenir qu'on garde, non des choses qui prétendent au parfait, mais de celles, bien autrement et vraiment utiles, qui paraissent et sont tout simplement ce qu'on a pu faire de mieux.

Ce retour vers les solutions simples, voisines des phénomènes de la nature, n'est pas le seul effort tenté en Angleterre depuis quelques années pour aménager convenablement l'air dans les lieux habités. Il y a nombre de localités dans lesquelles, comme la réserve même du rapport des commissaires des hôpitaux l'indique, il faut pourvoir par des moyens plus énergiques, plus coûteux aussi, à l'introduction de courants forcés ou plus artificiellement préparés que ceux que nous avons vu manier avec tant d'habileté il y a quelques instants. Autant il paraît bon, probablement préférable à tout, de rechercher, pour des malades qui vivent constamment dans le même lieu, les conditions les plus semblables à celles de la nature, autant il peut être judicieux, indispensable même, de traiter artificiellement l'homme qui vient passer quelques heures au plus dans les contacts et les gênes de la foule pressée, et qui, pour un devoir ou pour une simple curiosité, renonce bénévolement aux plus courtes limites d'air et d'espace nécessaires à sa vie matérielle.

Aussi, pour les théâtres, les salles de concert, les parlements et tous les lieux à public nécessairement entassé, ne peut-on songer à éviter les systèmes à air forcé. C'est l'éternelle condition de l'homme, qui ne peut rien faire sans défaire, et qui, dans la poursuite incessante du contact moral de plus en plus fréquent au milieu des villes, perd chaque jour en facilités naturelles de la vie physique ce qu'il gagne en communion intellectuelle. Il y a en ce sens un sujet curieux d'observation qu'il faut signaler à Londres, et que nous avons le regret de n'avoir pu étudier dans ses détails. Nous voulons parler de la véritable fabrique d'air respirable installée sous les parlements. La Chambre des lords est placée en étage sur un vaste rez-de-chaussée de même étendue qu'elle, et dont elle n'est séparée que par son propre plancher, qui est une grille sur toute la surface. Le rez-de-chaussée, c'est l'atelier d'air, le lieu dans lequel s'introduit, se chauffe, se rafraîchit ou s'humidifie l'atmosphère que recevront les législateurs réunis. Il est, sur les flancs, percé de larges baies par lesquelles s'alimente la production. Devant chacune de ces baies, un appareil fonctionnant l'été obstrue le passage d'un grand et très-mince disque d'eau, à travers lequel l'air introduit perd sa chaleur et gagne de la moiteur. Sur le sol et sur un grillage à mi-étage court une circulation d'eau chaude avec épanouissements métalliques donnant un grand développement de surfaces de chauffe. Ces épanouissements sont distribués par groupes, qu'on règle dans leurs émissions de chaleur à l'aide de petites serviettes sèches ou mouillées, dont on les recouvre plus ou moins. Ce mode de règlement est très-simple, très-commode. Il permet, de plus, d'humidifier l'air par le mouillage des serviettes.

Ainsi se fabrique (à grands frais probablement, cela n'importe pas ici) l'air de la Chambre des lords. Pour s'introduire dans la salle, il traverse la grille de fonte formant le plancher et deux tapis placés l'un sur l'autre. Toutefois,

certaines parties du plancher laissent librement passer l'air; c'est ce qui a lieu sous les bancs, et l'on conçoit que les tapis sont eux-mêmes un moyen de régler l'accès de l'air comme les serviettes du rez-de-chaussée. L'air sort au haut de la salle, attiré par une énergique aspiration. Quels que soient les résultats qu'en donne la pratique et que nous connaissons mal, cette solution est franche, hardie dans ses proportions et simple dans ses moyens. Elle repose sur une idée très-juste : n'introduire que de l'air sain et agréable à respirer; ne pas le gêner dans son mouvement, ce qui veut dire ne changer ni sa direction naturelle, ni les sections à travers lesquels il passe, aussi bien avant que pendant et après son introduction. C'est coûteux peut-être, mais assurément intéressant, et cela mérite d'être médité par nos constructeurs.

A la Chambre des communes on voit un système d'éclairage installé de manière à activer la ventilation tout en ménageant une bonne distribution de lumière. Les caissons du plafond sont fermés par des glaces, et les bouches de sortie de l'air sont placées sur les flancs de ces mêmes caissons. Des becs de gaz sont groupés au-dessus de la glace, dans le grenier, et coiffés d'un cône qui embrasse la sortie de l'air en se terminant par une cheminée. Le tirage produit par la chaleur du gaz renouvelle ainsi l'atmosphère de la salle. Nous avons nous-même indiqué jadis une disposition analogue pour les théâtres, et l'on vient de terminer cette année à Paris les trois nouvelles salles du Cirque, du théâtre Lyrique et de la Gaîté, où l'on paraît avoir utilisé cette idée avec succès.

Il n'y a pas, d'ailleurs, qu'à la Chambre des communes qu'on ait tiré parti du gaz pour activer le renouvellement de l'air des salles. Nous avons vu chez M. le docteur Arnott une semblable application faite depuis un très-grand nombre d'années. L'appareil d'éclairage placé au milieu de son salon est aussi coiffé d'un cône terminé par une gaîne qui longe

le plafond et va joindre la cheminée, dans la languette de laquelle se trouve la soupape d'étoffe dont nous avons déjà parlé. La gaîne fait, il est vrai, une saillie peu gracieuse au haut de la pièce; mais aucun gaz combiné ne se mélange à l'air respirable, tandis que la chaleur de ces gaz entraîne de l'air respiré par la soupape. Dans beaucoup d'établissements publics, notamment à l'Institut des ingénieurs civils, on trouve aussi l'application de cette précaution utile.

Puisque nous avons parlé de la lumière artificielle dans les édifices, nous rappellerons deux jolies distributions de cet éclairage que nous avons eu l'heureuse occasion d'apprécier. La première se produisit dans les salons de Londres de l'honorable président de notre dixième classe du jury, lord Salisbury. Le grand salon recevait ainsi sa lumière : au centre de la voûte existait une lanterne profonde au sommet de laquelle brillait une couronne lumineuse de gaz. Il est évident que ces gaz combinés avaient un échappement largement réservé dans cette partie élevée. Cela fournissait la grande masse du jour répandu dans la salle. Pourtant, tout autour, de petites baies spéciales avaient été ménagées dans les murs à 2m,50 environ du parquet; elles étaient fermées d'un verre dépoli, derrière lequel brûlait le gaz. Cet arrangement donne un excellent résultat; il est curieux et original. Mais le marquis de Salisbury avait ménagé à ses collègues sa meilleure surprise dans la fête de jour qu'il leur offrit à son intéressante et belle demeure historique d'Hatfield. Comme quantité de jour artificiel, nous n'en avons jamais tant vu qu'au South Kensington Muséum. C'est le vrai plein jour qu'on y produit la nuit, et c'est grâce à cela qu'on a pu si bien admirer les collections sans pareilles qu'un libre et commun accord des propriétaires y a si gracieusement apportées au bénéfice des étrangers. Les salles de l'établissement, qu'on appelle des cours, sont toutes pourvues de lanternes très-hautes. On face à ces points élevés de longs cordons lumineux, formés de petits becs très-rapprochés et très-nombreux..

Il y avait peut-être quatre à cinq cents becs (1) dans chacun de ces vaisseaux, d'une surface approximative de 200 mètres carrés. Le résultat est celui-ci, et fort digne d'intérêt : la zone lumineuse est très-haute et très-développée, donc elle ne gêne pas (on ne la voit pas, si on ne la cherche pas); elle constitue un très-puissant foyer : elle éclaire à la manière du soleil. C'est un effet de jour assez étonnant; seulement, la lumière est jaune, comme quelquefois dans les rues de Londres par certains temps.

CHAPITRE II.

GARES DE CHEMINS DE FER.

Paddington-Station, gare de tête du Great-Western, le chemin à grande voie de Brunel, a été construite en 1851. C'est un édifice très-intéressant, et dont l'étude est pleine d'enseignement. On y sent la recherche de l'homme qui pense librement, et qui aime à conserver dans ses œuvres l'empreinte de cette liberté, sans laquelle l'art vrai ne se formule jamais. Il y a, du reste, un épisode saisissant par son caractère dans la manière dont ces travaux furent confiés à M. Digby Wyatt. Brunel achevait son grand chemin; il avait conçu et réalisé la large voie à laquelle était réservé l'insuccès industriel, mais à laquelle l'avenir des trafics excessifs devait donner raison; il avait installé la curieuse manutention mécanique de la gare des marchandises à Paddington; mais il lui restait à faire l'édifice consacré au service des

(1) M. le capitaine Fowke a apporté un très-grand soin dans toutes les installations du local du Musée. Ces quatre ou cinq cents becs dont je parle sont allumés en une ou deux minutes, à la hauteur de 12 ou 13 mètres. L'ingénieux procédé consiste dans l'usage d'un chariot porte-bougie roulant à grande vitesse sur un rail le long des becs, et mû d'en bas par des cordes et des poulies.

voyageurs, la tête monumentale de sa ligne. Dans cet esprit si chercheur et si devancier, il y avait une place réservée au sentiment des arts. Il comprenait que tout n'est pas dit dans les œuvres durables de l'homme, quand il a prévu, calculé, mesuré, coté chaque partie selon le rôle mécanique qu'y doit jouer la matière. Il sentait que la pondération de la valeur réciproque de toutes ces parties entre elles, résultant d'une appréciation très-fine de la manière dont les matériaux frappent l'œil par leur contexture, leur couleur et l'allure qui est propre à chacun d'eux, constitue un champ d'études longues et approfondies, au bout desquelles se trouve l'harmonie des formes. Il aimait cette harmonie, la recherchait journellement en tout, et, vraisemblablement, la désirait pour le couronnement de son œuvre d'ingénieur. Mais il savait aussi qu'elle ne naît que dans la méditation prolongée d'une même chose, et qu'il n'avait pas en lui le loisir de cette ressource nécessaire aux œuvres d'art. Comme membre de la commission royale de l'Exposition de 1851, il avait été à même de remarquer M. Digby Wyatt, l'un des architectes de cette vaste entreprise. M. Wyatt possédait alors tout le talent dont il fait preuve journellement, mais, plus jeune, il n'avait pas la position considérable qu'il occupe aujourd'hui. Brunel le fit venir et lui dit : « J'ai un grand hangar à faire, c'est ma gare de Paddington. Je veux vous donner ce travail. Je désire que vous poursuiviez cette œuvre, non comme une occasion pour vous de montrer ce que vous pouvez savoir des monuments des Grecs, des Romains ou des gothiques, mais pour faire une belle et bonne gare. Il y a dans cette question trop de conditions spéciales et neuves pour qu'une étude sincère et libre n'en tire pas un excellent parti et un édifice intéressant. Nous travaillerons ensemble. » Et c'est, en effet, de cette communion du grand ingénieur et de l'habile artiste qu'est sortie Paddington-Station. Malheureusement pour l'œuvre et les auteurs, les capitaux manquaient souvent, et la plus grande part de leurs efforts était

donnée à tourner, puisqu'on ne pouvait le franchir, ce gros obstacle.

A l'ampleur du plan, au développement du vaisseau, on reconnaît que les auteurs avaient mesuré juste alors ce qu'allait conquérir d'importance l'édifice de tête des grandes voies de fer. C'était une réaction alors en Angleterre que de prendre ainsi la question à côté des petits et modestes abris ménagés jusque-là aux voyageurs. C'était voir juste aussi que de mettre dans la halle même tout le luxe de l'œuvre plutôt que de faire, comme cela se voyait encore, de gigantesques portes monumentales promettant beaucoup et ne donnant entrée qu'à de misérables hangars. La grande halle de Paddington se préparait en même temps qu'en France la gare de Lyon. Dans ces deux pays on poussait donc à l'espace, mais bien plus de l'autre côté de la Manche que chez nous. D'ailleurs, une grande différence séparait les deux programmes. Nos voisins, comme on le sait, suppriment ou évitent d'inventer, tant qu'ils le peuvent, tout ce qui est préventif, toute organisation qui substitue la sagesse prévue, réglée et légiférée, à la sagesse et à la prudence expérimentée que chacun doit acquérir pour exister en société. Nous qui vivons dans des idées si opposées et qui pratiquons la marche en lisière de tous nos publics, nous avons aux abords de nos chemins de fer de beaux vestibules, qui donnent accès à d'immenses salles d'attente, divisées en classes, où l'on doit rester cantonné sous l'œil vigilant du gardien protecteur, jusqu'à l'heure exactement *sifflée* qui vous ouvre les portes de la gare en même temps que celles du wagon. Au retour, vous retrouvez une autre salle d'attente qui vous conduit par une porte qu'on ouvre comme une ventelle d'écluse, dans le lieu très-vaste et très-bien distribué, où, toutes manœuvres faites, vous retrouvez longuement mais sûrement votre bagage. Chaque système a ses avantages et ses inconvénients. Là-bas, le voyageur accède librement jusqu'au quai de gare; il a pris son billet en passant devant

le bureau, et il cause encore, une main sur la poignée du wagon, l'autre dans celle de son ami, quand se fait entendre le sifflet du départ. A l'arrivée, son bagage sort sur le quai, où il le prend immédiatement. De ces deux solutions, dont la moins embarrassante, même devant les grosses foules, n'est pas celle qui paraît la mieux prévue, doivent naître des édifices bien différents. La gare anglaise est forcément l'un des couverts les plus curieux que nous ayons jamais vus. On y trouve un air d'aisance que vient accompagner avec grande harmonie la proportion des vastes trottoirs offerts aux voyageurs (1). Mais il faut y signaler surtout, ce que nous ne rencontrons nulle part en France encore, et ce qui donne le vrai caractère de cette construction, le franc parti pris et réalisé de traiter autrement que par une ordonnance régulière la paroi verticale intérieure de la construction. Le motif des entrées, dominant le reste en hauteur et en saillie, conduit le public dans ses mouvements et satisfait d'autant plus l'œil et l'esprit du critique, que l'artiste a su suivre sa bonne pensée avec courage jusqu'au bout, en éclairant d'une tranchante lumière toute la largeur de la gare au droit de ces points remarquables. La gare de Paddington ne saurait être trop étudiée par nos architectes de chemins de fer ; ils y oublieront comme nous, nous en sommes certain, quelques laisser-aller de détail un peu vulgaires, pour ne voir qu'une expression d'art dans laquelle toutes les grandes lignes sont en place et en valeur. Nous sommes pour notre part heureux d'y avoir compris la nature du talent de M. Digby Wyatt, et d'avoir dû à son cordial accueil la marque du souvenir qu'il conserve d'un moment remarquable de la belle vie de Brunel.

(1) Les trottoirs ont 7m,65 de largeur. A notre gare du chemin de Lyon, à Paris, les trottoirs n'ont que 6m,50.

CHAPITRE III.

PROMENADES ET PLANTATIONS DES VILLES.

C'est sûrement en Angleterre qu'il faut aller chercher la juste appréciation du bien que peut faire l'entretien permanent de nombreux centres de végétation au milieu d'une grande ville. Vivre à Londres quelque temps, courir à ses affaires le long des maisons noires, traverser les ponts derrière les hautes balustrades, descendre le fleuve sur l'eau clapotante et sale, croiser la cohue des voitures avec agilité, c'est rencontrer partout la belle et dévorante activité d'un peuple qui ne s'oublie pas un instant hors du travail ; mais aussi, dans l'air épais que se partagent quatre millions d'individus, sous le ciel gris qui couvre la ville, c'est, de fatigue et de tristesse, devenir bien vite le plus sensible admirateur de l'un quelconque de ces cent grands squares heureusement trouvés à tout coin de rue. Squares et parcs sont dans Londres une ressource hygiénique qui compense bien des maux ! L'histoire de l'Angleterre, les deux longs siècles qu'elle vient de donner sans interruption au travail paisible chez elle, la constitution, restée singulière pour nous, de sa propriété foncière, expliquent, dans une cité qui n'a pas été étouffée par des ceintures de boulevards successivement et péniblement reculés, ces larges intervalles d'habitations si bien occupées. Londres, dans son agrandissement incessant, n'a qu'à continuer ce qu'elle a toujours fait. La chose est doublement facile pour elle. Son extension, qui n'a rien d'artificiel, qui se fait continûment sous la pression des besoins de tous et de chacun, qui n'a pas de murs d'enceinte, de barrières à reculer, mais qui s'augmente en gagnant dans la campagne, répartit par habitude, sur des terrains encore peu pressés, les places de nouveaux et futurs ombrages. Et, de

plus, elle a son ciel et son humidité qui font vite et entretiennent bien les arbres et les gazons. Que les Londoners continuent; ils n'ont pas ici besoin des encouragements que peuvent donner les juges des expositions industrielles.

Mais la question est tout autre en France. Notre ciel est moins désolant; souvent un coin d'azur pris entre deux corniches a fait sourire un vieux Parisien plus que ne l'eussent fait quatre beaux squares à Londres. Le climat et le sol sont assez ingrats aux plantes qu'on leur confie, et la verdure prend naturellement peu de place sur le terrain des villes. Enfin, l'espace libre a toujours manqué au milieu de la concurrence que la propriété, depuis longtemps égale pour tous, se fait sur une surface enfermée. Pourtant, Paris, servant ainsi d'exemple aux autres villes de France, a entrepris un radical changement. Avec l'extension de son enceinte, la reconstruction de ses maisons, le remaniement complet de ses percements, la municipalité a préparé et réalisé la création de plusieurs squares intérieurs et de deux beaux parcs aux extrémités de la ville. L'exposition du ministère des travaux publics contenait les albums des ouvrages remarquables qu'ont nécessités ces installations. Ce qu'il a fallu accumuler d'efforts, de recherches et de soins persistants pour mener à bien cette entreprise, qui représente en même temps une dépense considérable (24,004,482 fr. 88 c.), a été apprécié par le jury de la dixième classe, et particulièrement par nos collègues anglais. Nous devons conserver i·i les traces de ce jugement, qui a valu une médaille au service municipal des promenades et plantations de Paris.

Ces travaux comprennent dans l'intérieur de la ville sept squares et un jardin-promenade.

Le square de la tour Saint-Jacques, qui couvre une surface de 5,786 mètres carrés, a coûté 141,700 francs. C'est un jardin qui entoure le pied de la tour Saint-Jacques, monument de la fin du xv[e] siècle, récemment restauré.

Le square des Innocents, d'une superficie de 2,057^{mq},10, a

coûté 201,581 fr. 78 c., y compris la restauration de la fontaine des Nymphes, construite par Pierre Lescot et Jean Goujon au XVIe siècle.

Le square des Arts et Métiers, de 4,115mq,66 de superficie, a coûté 320,000 francs.

Le square du Temple, d'une contenance de 7,524mq,44, a coûté 148,541 fr. 72 c.

Le square Vintimille, d'une contenance de 778mq,07, a coûté 13,500 francs.

Le square Sainte-Clotilde, d'une contenance de 1,738mq,59, a coûté 32,220 francs.

Le square Louvois, d'une contenance de 1,776mq,07, a coûté 55,645 fr. 43 c.

Ces différents squares, parmi lesquels un seul est situé sur la rive gauche, sont distribués dans divers quartiers, dont ils ont changé complétement l'aspect, soit par le jour qu'ils y ont apporté, soit par les constructions plus soignées qui se sont créées aux environs.

Un jardin de promenade pour les voitures et les piétons a, en outre, été fait entre la Madeleine et l'arc de triomphe de l'Étoile, sur le nouveau boulevard Malesherbes. C'est le parc de Monceaux, dont l'étendue mesure 66,234 mètres carrés, et qui a coûté 1,190,000 francs.

Enfin, hors de Paris, mais touchant l'enceinte de la ville, les deux bois de Boulogne et de Vincennes ont été transformés en promenades splendidement pourvues de tous les agréments que les bois, la verdure, le jardinage, l'eau, peuvent offrir.

Le bois de Boulogne couvre une surface de 875 hectares, qui comprennent 434 hectares de forêt, 273 hectares de pelouses, 30 hectares de surfaces d'eau, 107 hectares de routes et d'allées, 29 hectares de massifs de fleurs et d'arbustes. On compte un développement d'allées de 95 kilomètres. Il y a 9 kilomètres de ruisseaux, et les canalisations souterraines, pour l'alimentation des lacs et l'arrosement des

pelouses, sont de 80 kilomètres. L'arrosement emploie, l'été, 7,000 mètres cubes d'eau par jour, et l'alimentation des lacs et des cascades 8,000 mètres cubes.

On y a dépensé 16,206,253 fr. 50 c., dont 7,423,836 fr. 45 c. en travaux.

Le bois de Vincennes n'est pas encore entièrement achevé. Il contiendra 876 hectares, dont 370 en forêt, 55 en massifs, 375 en prairies, 56 en routes et 20 en surfaces d'eau. Les allées se développeront sur 70,000 mètres. Il y aura 9,900 mètres de cours d'eau, et 27,460 mètres de canalisation souterraine pour amener l'eau. La dépense d'eau journalière pourra être de 5,000 mètres cubes.

Le coût de la transformation s'élèvera à 5,695,000 francs.

A part une première période, de 1852 à 1854, dans laquelle M. Varé, architecte-paysagiste, a exécuté les grands terrassements des lacs et des îles du bois de Boulogne, tout le service des parcs, squares et plantations de la ville de Paris a été dirigé par M. Alphand, ayant sous ses ordres : MM. Foulard et Grégoire, ingénieurs pour les squares; M. Darcel, ingénieur pour les bois de Boulogne et Vincennes; M. Davioud, architecte, et M. Barillet-Deschamps, jardinier en chef.

La nature des travaux entrepris, leur grande diversité et leur nouveauté en France sur une pareille échelle, le genre de difficultés rencontrées et vaincues avec une grande sagacité, la simplicité des moyens auxquels on est parvenu, le caractère de grandeur qu'a pris cette œuvre du bois de Boulogne, au milieu d'une nature assez mesquine dans ses produits, font le plus grand honneur à M. Alphand et à ses collaborateurs. On aborde agréablement ce grand parc, s'annonçant en même temps avec coquetterie, distinction et gaieté dans ses larges voies d'accès et dans les pavillons de M. Davioud. Il faut féliciter cet architecte d'avoir su reprendre le parti de constructions semblables existantes au Victoria-Parc de Londres, et d'en avoir singulièrement amélioré l'expression. Il

faut le louer aussi au sujet de toutes les fabriques qu'il a su harmoniser avec beaucoup de talent et de goût dans le paysage du bois et dans les beaux horizons que d'heureux débouchés ouvrent à la vue. Dans le parc lui-même, la promenade est agréable, non-seulement par le champ qui lui est offert, les vues variées qu'elle rencontre, les oppositions qu'elle découvre, mais encore par l'ampleur des allées principales et la proportion justement trouvée des chemins qui se divisent vers les différents attraits ménagés dans l'intérieur : champ des courses, jardins d'acclimatation, pré Catelan, ruisseaux, couverts et retraites dans les parties ombreuses. Les longs parcours donnent une complète idée des ressources de l'enclos, les circuits secondaires mènent tous quelque part, et, dans les lacets nombreux de ces routes diverses, on se retrouve toujours facilement, comme il convient aux lieux de loisir, parce que le sentiment des directions est bien ménagé. Peut-être, tout au plus, faut-il regretter un peu de répétitions et de monotonie dans quelques inflexions successives de l'avenue de ceinture du grand lac. Mais qu'est ce détail, et combien faut-il regarder de près dans ce travail si réussi pour trouver cette légère faiblesse! Vantons plutôt encore l'excellent sol macadamisé préparé aux voitures, le bon terrain offert aux cavaliers, les contre-allées sous bois et les trottoirs commodes aux piétons. C'était une difficulté réelle que les trottoirs dans un lieu où l'on voulait garder un air de nature à des choses si travaillées. On a réussi parfaitement avec des moyens qui ont un semblant de rusticité très à-propos. La meilleure conclusion d'une étude critique sur le bois de Boulogne, c'est de conseiller à qui ne le connaît pas d'aller le voir, à ceux qui le connaissent de le revoir souvent.

Le bois de Vincennes n'est point achevé. Il est difficile de le juger dans ses effets. Ces travaux ne se discutent pas pendant leur exécution quand ils sont en bonnes mains.

Nous ne nous arrêtons pas non plus sur les ouvrages des squares, menés avec un soin remarquable. Mais il faut ap-

prouver M. Alphand qui a donné jour dans ses promenades à une application reconnue par le jury comme une ressource précieuse pour nos places publiques. Nous voulons parler des couvertes de cuivre qu'on dépose sur la fonte pour la protéger contre l'oxydation. Tous les candélabres de M. Alphand se revêtent de cette chemise protectrice. Il donne là un bon exemple. Le procédé ingénieux de M. Oudry paraît fournir des ouvrages durables. S'il en est ainsi, cette ressource nouvelle pour le constructeur ne doit pas tomber; il faut seulement savoir ne pas en abuser. Le cuivrage de la fonte ne sera jamais qu'une couverte sur un métal insuffisant et commun; qu'il garde ce caractère sans prétention autre, et que la fonte, à son tour, n'essaie pas de se croire apte à jouer le rôle du bronze, parce qu'elle gagne un moyen de se préserver de la rouille. Le candélabre de fonte est un hôte utile, mais vulgaire, des trottoirs; on sait maintenant proprement l'habiller, c'est beaucoup, mais c'est tout. Le bronze sera toujours le bronze, fin dans sa contexture, fin dans son coulage, fin à la ciselure. Aussi sera-t-il toujours réservé par les finesses et les distinctions de l'art. Que la fonte reste dans son domaine des imposantes masses qui se doivent répéter souvent; que ses modèles montrent de grandes et longues lignes, des surfaces régulières et fermes, des saillies sobres et sacrifiées, traduisant l'habileté qu'on met à la mouler aujourd'hui. Elle se fait assez bien désormais pour n'avoir pas besoin des faux ornements, qui n'ont d'autre but que de cacher ses vices, d'autre résultat que de ne pas laisser voir ses qualités; qu'elle se simplifie dans ses reliefs et dans les détails abusifs dont on l'a déplorablement accablée depuis quinze ans. Le simple et le fort, voilà son caractère. Mais il ne faut pas croire que, renfermée dans ce cadre, elle sorte du goût. Satisfaire à ce dernier est toujours difficile partout; heureux les rares artistes qui y parviennent! Il faut en souhaiter quelques-uns à la fonte, à laquelle le cuivrage ôte un gros défaut.

CHAPITRE IV.

ÉTABLISSEMENTS THERMAUX.

En cherchant beaucoup, on trouve un peu partout dans les galeries de l'Exposition : ici un plan, là un modèle, plus loin une publication, autre part encore des échantillons coordonnés qui rappellent ces installations balnéaires devenues si nombreuses et si variées depuis quelques années. Il appartient à d'autres jurys de faire valoir et d'apprécier l'historique des intéressants travaux qui ont été poursuivis, en France surtout, avec une remarquable persévérance, un grand talent et une grande foi. M. Jules François, avec une passion paternelle pour les eaux minérales, fait une belle et bonne exception en ce temps où, par mode aussi bien que par fatigue morale, on s'intéresse à peu de chose et où l'on ne regarde rien que d'un œil demi-éteint. Nous n'avons pas la compétence nécessaire pour juger l'ensemble de ses œuvres qui, depuis vingt-cinq ans, trouvent leurs utiles applications dans les stations d'eau des quatre coins de la France. Mais, dans les albums que les soins de M. le ministre des travaux publics ont soumis à l'examen des jurys, et dans les modèles qui les accompagnent, nous avons trouvé une telle abondance de faits et d'idées nouvelles, tant d'ensemble dans les efforts qui les ont produits, que nous n'hésitons pas à donner ici, en ce qui touche l'architecture, l'appui de notre approbation officielle au groupe d'hommes qui sont les collaborateurs de M. François.

C'est dans ces efforts réunis, comportant des sacrifices pécuniaires faits par des municipalités, que nous rencontrons une question architecturale toute moderne. L'Exposition est un mauvais endroit pour juger cette question d'un bon point de vue. Ce qui y frappe, ce sont des modèles, et les modèles

ne sont jamais, en architecture, que des spécimens insuffisants et désagréables. Autant ceux-ci jettent de clarté sur les beaux travaux de captation souterraine et de grossissement du débit faits par M. François aux thermes de Bagnères-de-Luchon et aux thermes d'Ussat, autant ils attirent peu l'intérêt de l'architecte. Mais quand on lit les mémoires et qu'on approfondit un peu ce sujet, on découvre un des plus intéressants problèmes d'architecture, rempli de conditions neuves et plein d'avenir. Le programme, œuvre de M. François, comporte, suivant les localités, des services qui doivent se développer encore, et qui, dès maintenant, sont excessivement variés. Il crée une donnée architecturale qui, rapprochée des sites généralement très-beaux où la nature a ménagé la possibilité des stations d'eaux thermales, constitue le germe d'édifices pleins de couleurs. Les bains, les douches, les buvettes, les salles d'inhalations sont autant de têtes de chapitres, dans lesquels l'architecte doit placer l'agencement de services commodes, et chercher à inscrire des solutions de formes, de proportions et de rapports compatibles avec cette originalité vraie, toujours poursuivie avec grand intérêt par l'art.

Nous voyons à Luchon, le plus grand établissement thermal de l'Europe, à Ussat, à Aix-les-Bains, à Marlioz, à Luxeuil, à Baréges, à Amélie-les-Bains, des tentatives fort dignes d'être encouragées. Il faut citer les noms : MM. Chambert, Casimir Durieu, Bernard Pellegrini, Grandmougin, Normand, Desbuissons. Il faut féliciter ces architectes d'être les compagnons d'armes d'un homme aussi convaincu que l'est M. François, et leur rappeler qu'il n'y a rien de mieux à satisfaire qu'un grand besoin public unanimement reconnu et senti. N'est-ce pas ce que dit clairement cet immense public qui, chaque an plus nombreux, court vers les thermes de tous les pays ?

SECTION IV.

LES EAUX, LES ÉGOUTS, LE GAZ A L'EXPOSITION DE 1862,

PAR M. MILLE.

L'eau destinée aux usages domestiques jaillit en sources naturelles ou artificielles, descend dans les villes, pénètre dans les habitations, y sert aux usages domestiques, puis s'écoule dans l'égout, et de l'égout à la rivière, où elle se perd au détriment de la salubrité et de la culture, car elle devrait retourner à la terre d'où elle est partie.

Le gaz est une source artificielle d'éclairage : il pourrait nous être aussi plus utile; nous avons besoin de respirer de l'air frais; l'éclairage en procurerait, s'il était joint à la ventilation.

Ce sont ces trois agents au service des villes, les eaux, les égouts, le gaz, que nous allons étudier à l'Exposition de 1862, en comparant toujours l'école française à sa rivale d'Angleterre.

CHAPITRE PREMIER.

LES EAUX.

§ 1er. — Appareils de sondage et d'élévation.

Les sondages de MM. Mulot, Degousée et Kind ont montré qu'on pouvait descendre un trou de sonde à 508 mètres, tirer de l'eau jaillissante du Sahara algérien, creuser un

véritable puits de 0m,70 de diamètre, jusqu'à des profondeurs de 580 mètres. Dans cette voie il y a progrès. Quant aux machines destinées à soulever de grandes colonnes ascensionnelles, elles ont peu varié. On retrouve la pompe de Cornouailles à simple effet, ou les machines Simpson à volant, avec pompe à double effet. Les roues de Marly, qui, avec une faible vitesse, mènent directement des pompes horizontales, et refoulent lentement des masses liquides à 150 mètres de hauteur, constituent la seule innovation sérieuse : ce système n'est pas représenté à Londres.

§ 2. — **Réservoirs.**

L'eau d'approvisionnement se garde dans des réservoirs couverts dont les bassins de Passy donnent l'exemple. Les voûtes sont des plates-bandes de 0m,07 d'épaisseur, en briquettes cimentées. Les points d'appui sont des piliers de briques revêtus en ciment, et espacés de 4 mètres en quinconce. Avec les couvertures, plus d'échauffement par les rayons solaires, plus de fermentation et de végétation organique.

§ 3. — **Conduites d'alimentation.**

Aux réservoirs succèdent les grosses conduites en fonte, qui sont de 0m,80 de diamètre à Paris, de 1m,20 à Glasgow. La difficulté réside dans le joint, qui doit être étanche sous des pressions de 10 à 15 atmosphères. Dès Louis XIV, on avait adopté le joint à brides pour les eaux de Versailles. Dans ce système deux tuyaux sont réunis bout à bout au moyen d'oreilles et de boulons, serrant une couronne de plomb. En 1830, quand on distribua les eaux de l'Ourcq dans Paris, l'assemblage par emboîtement fut adopté. Dans cette nouvelle disposition un tuyau pénètre dans le précédent, et est pénétré par le suivant, au moyen d'un renflement qui

termine chaque longueur; le vide de l'emboîtement se remplit avec de la corde goudronnée et du plomb fondu. Mais, outre l'inconvénient de travailler à chaud, la réparation des tuyaux est difficile, parce qu'on ne peut couper qu'aux longueurs fixes existantes en magasin. Cette difficulté inspira à M. Fortin Hermann l'idée d'opérer la pose avec des tuyaux cylindriques, en recouvrant le joint par une bague de plomb, qu'on chasse à coup de masse sous une autre bague métallique qui coince l'autre. Ce joint si simple est aujourd'hui généralement employé à Paris : il se fait à froid, permet la réparation où l'on veut, et laisse à la conduite la flexibilité que réclament les tassements du sol ou les courbures du tracé.

Dans la distribution des eaux de Glasgow, les beaux cylindres de $1^{m},20$ sont réunis par des joints à emboîtement; en Belgique on a adopté le joint Delperdange, qui serre les tuyaux à peu près cylindriques au moyen d'une bague en caoutchouc et d'un collier à vis; la conduite est parfaitement flexible. Mais il est à craindre que le caoutchouc et la vis ne soient pas de longue durée.

Nous n'avons que des changements de détail à signaler pour les gros robinets d'arrêt : ce sont partout des robinets-vannes qui, par un mouvement de vis, découvrent lentement mais complétement la section de la veine liquide.

§ 4. — Conduites de distribution.

On branche sur la ligne maîtresse la conduite de distribution. Elle est généralement en fonte, de petit diamètre, $0^{m},10$ en moyenne, garde le joint à bague, et est munie à l'origine d'un robinet d'arrêt en cuivre. En France, le type est le robinet-boisseau, qui, d'un tour de clef, ouvre à la veine une lumière rectangulaire. A l'étranger, en Angleterre et en Amérique, après les robinets-vannes, on ne trouve plus que des robinets à clapet, manœuvrés par une vis : la veine

est obligée de sauter en déversion au-dessus d'un diaphragme qui prend moitié de la section. Il y a perte de charge, mais on évite assez bien les coups de bélier, au moyen de l'ouverture graduée faite par la vis.

De la distribution partent les tuyaux de plomb qui vont alimenter le service public ou domestique.

§ 5. — Service public.

Sous nos voies publiques, le tuyau remonte jusqu'à une boîte en fonte logée dans le trottoir, et devient à volonté une bouche d'arrosage ou une bouche d'incendie. Dans le premier cas, on étouffe la pression au moyen d'un chapeau qui modère l'écoulement; dans le second, on découvre l'orifice en plein, et toute la charge de la conduite peut passer dans la lance du sapeur-pompier.

En Angleterre, où l'on ne lave pas les ruisseaux, il n'y a pas de bouche d'arrosage. La bouche d'incendie existe seule : elle est aussi sous le trottoir, et fermée par un robinet à clapet. On y adapte souvent un ajutage en cuivre en forme de T, à hauteur d'appui, et garni de deux tubulures. Le pompier visse son boyau de cuir à la tubulure la plus commode, et supprime ainsi les contre-courbes et les cassures de la conduite mobile.

§ 6. — Service domestique.

Dans les maisons de Paris, le branchement monte verticalement en se ramifiant à chaque étage. Pour que l'eau sorte vive de la conduite, et cependant sans une vitesse qui dérangerait les prévisions, on interpose à chaque origine de distribution un régulateur. C'est une boîte renfermant une soupape à flotteur. Dès qu'on tire de l'eau dans un appartement, le flotteur s'abaisse, la soupape lève, la conduite donne : la charge reste toujours égale, et l'eau toujours

nouvelle. Les régulateurs sont, en outre, des réservoirs d'air qui font appel sur les conduites, et les débarrassent du plus grand adversaire qui se rencontre dans une distribution : l'air logé dans les points hauts.

La prise au cabinet de toilette, à l'évier de cuisine, s'obtient par une soupape à bouton du même type que celle du régulateur. On soulève du doigt le bouton, et l'eau coule ; on abandonne, et l'eau qui veut sortir applique la soupape sur son siége. Le complément obligé de la prise, c'est la décharge, c'est l'orifice de sortie qui conduira les eaux sales à l'égout. Il fallait, pour éviter des retours de mauvais air, une fermeture hydraulique : il fallait un siphon, et cependant le tuyau d'échappement devait rester vertical. On est sorti d'embarras en rendant le siphon concentrique, et en le composant de pièces légères en cuivre s'emboîtant l'une dans l'autre, et faciles à démonter pour le nettoyage.

Toutes ces dispositions, étudiées en vue d'un grand service, ont été poursuivies sous l'œil de M. l'ingénieur en chef Belgrand.

§ 7. — Appareils domestiques en Angleterre.

En Angleterre il y a des différences : la distribution ne se fait pas à robinet libre, mais en réservoir ; chaque jour les conduites s'ouvrent pour remplir dans chaque maison une citerne qui est généralement en plomb. A Glasgow, quelques robinets ont la prise directe; mais malgré la manœuvre à la vis, les coups de bélier et les ruptures de tuyaux arrivent. Ce qu'on comprend et exécute bien, ce sont les appareils d'usage domestique. M. Jennings, qui a pris le nom d'ingénieur sanitaire, et qui mérite de le porter, s'est occupé avec talent de leur fabrication.

Dans le cabinet de toilette, le lavabo est en entier d'une pièce, en faïence imitant le marbre blanc. Il y a place pour les brosses, le savon, les essences · au centre, une large cuvette

avec un orifice au fond. On presse un bouton sur le côté, et la cuvette se remplit d'eau fraîche ; on en presse un autre, et elle se vide. Pour les bains, mêmes procédés : ses baignoires sont en faïence d'une pièce, ont un orifice au fond, et sur le côté trois boutons qui font jaillir du fond l'eau froide et l'eau chaude, ou qui ouvrent la vidange. A la cuisine, le réservoir, chauffé par le feu du foyer, est maintenu constamment plein au moyen d'un robinet à flotteur; l'eau chaude monte seule dans les étages par la différence de pression. Au water-closet, on emploie encore des faïences d'une pièce, bien étudiées comme formes. Dans ce système les matières sont toujours reçues dans l'eau. Ainsi, quand on lève la soupape, on ouvre la perte, et la cuvette se vide; mais aussitôt qu'on referme, il se précipite un flot d'eau, et la cuvette est prête à servir. Les urinoirs d'intérieur sont tels, qu'en se plaçant en face, et rien qu'en pesant par le poids du corps, on ouvre une soupape, et l'eau de lavage se précipite et coule. Dans les urinoirs publics, comme ceux de l'Exposition, exécutés en ardoise, l'eau reste à niveau constant et est toujours renouvelée, la dilution étant le meilleur moyen de combattre les dépôts et la mauvaise odeur. Les latrines de caserne sont encore plus simples. Ce sont des cuves en grès, demi-circulaires et pleines d'eau : elles servent vingt-quatre heures de réceptacle. Chaque matin, on lâche les eaux sales à l'égout, et on remplit les citernes d'eau propre. Deux coups de robinet suffisent.

Les usages domestiques sont bien compris en Angleterre, et ils le sont peut-être encore mieux en Ecosse. Nous n'y sommes pas faits encore en France, et nous restons à cet égard de beaucoup en arrière sur nos voisins.

§ 8. — Des filtres.

Pour obtenir de l'eau limpide, quand elle sort trouble d'une conduite, le docteur Bury avait imaginé un alcarazas dans lequel l'eau entrait en pleine pression : elle suintait à travers les pores, et tombait en gouttelettes pures et aérées, tandis que la boue était entraînée dans le tourbillon qui se faisait sous la cloche, avant que le courant reprît sa route par la conduite. L'appareil était ingénieux, mais il n'a pas fonctionné.

M. Nadault de Buffon a résolu la question au moyen du filtre tubulaire. C'est une couronne en laine tontisse minéralisée qu'on plonge dans le liquide en pression; l'eau pousse pour arriver au vide du centre; sur sa route, elle laisse dans la laine les impuretés qu'elle tenait en suspension. Le travail difficile, le nettoyage, se fait par une manœuvre opposée. On introduit la pression par le centre. L'eau, s'échappant en filets coniques vers la circonférence, entraîne les dépôts qui obstruaient les pores. Le débit au filtre est considérable, et en le ralentissant, on augmente la limpidité. Ce procédé, combiné avec la précipitation des sels calcaires par l'acide oxalique ou la chaux, adoucit les eaux incrustantes et les fait descendre au titre des eaux de la Seine. L'industrie tirera certainement parti d'une pareille ressource.

En Angleterre, on peut citer une innovation utile : le filtrage, ou plutôt la combustion des matières organiques. M. Spencer jette de l'eau jaune de tourbe sur un lit de charbon et de fer oxydulé magnétique. Il se fait là probablement une condensation d'oxygène ozonizé; ce qui est certain, c'est que l'eau sort limpide et sans mauvais goût. Le dosage des matières organiques par la voie humide est encore un progrès qui semble acquis. Le docteur Smith, connu par les analyses de l'air, a appliqué également à l'eau le réactif du permanganate de potasse au moyen d'une sorte

d'hydrotimètre. Le permanganate est décoloré tant que la matière organique du liquide n'a pas été complètement brûlée. Si l'on parvient à doser facilement les sels calcaires et les matières organiques, on arrivera bientôt à établir le lien entre les eaux pures, boisson de l'homme, et les liquides d'engrais, aliment de la terre; le passage se fera par degrés mesurés.

§ 9. — Des forces motrices.

Disons un mot d'un autre parti à tirer de la distribution. Les eaux qui montent jusque dans nos logements, qui descendent dans les marchés, dans les gares, sur les quais, y apportent une force motrice; pourquoi ne s'en servirait-on pas?

A l'Exposition, on ne rencontre qu'une seule petite turbine qui soit établie dans ce système. L'Angleterre en présente pourtant de belles applications, créées par les appareils Armstrong. Aux docks de Londres et de Great Grimtby, tous les fardeaux sont manœuvrés par des grues hydrauliques. Un enfant, un mousse, en ouvrant un robinet, soulève, fait tourner les masses qu'il faut sortir du navire. A Liverpool, des portes d'écluse de 30 mètres obéissent à la pression d'un piston d'eau. A Glasgow, on commence à utiliser les eaux de la ville au travail des presses à paquets, au montage des colis ou des personnes à travers quatre étages superposés.

Dans nos maisons de Paris à six étages, rien ne manque comme un monte-bagages, comme une chambre où l'on mettrait le bois, les meubles, les provisions, pour établir la communication entre le rez-de-chaussée et les mansardes. Que de personnes faibles, malades ou seulement fatiguées seraient souvent charmées de pouvoir rentrer chez elles sans gravir cent marches! Il faut le répéter à nos architectes: les dispositions intérieures sont charmantes de goût, mais les moyens mécaniques manquent, et le service reste incomplet, difficile et cher.

CHAPITRE II.

LES ÉGOUTS.

Le drainage d'une grande ville est une œuvre importante qui demande à être examinée d'ensemble. Les deux métropoles, Paris et Londres, contraintes par les mêmes besoins, ont à la même époque arrêté leurs solutions, construit leurs ouvrages et en exposent les modèles. Prenons les faits tels que les ont présentés les ingénieurs dans des albums statistiques et des rapports d'un extrême intérêt.

§ 1er. — Topographie souterraine de Paris.

Pour exécuter des travaux profonds sur un territoire, l'une des conditions essentielles est de connaître les formations qui se trouvent en dessous du manteau des terrains de transport, et de pouvoir apprécier le régime de la nappe souterraine qui alimente les puits. Tel est l'objet des belles cartes de M. Delesse.

L'une, purement géologique, suppose qu'on a enlevé les remblais de la surface, et qu'on voit à nu les assises du sous-sol de Paris, déterminées en relief et en nature par des courbes de niveau coloriées. La seconde carte est hydrographique : elle établit encore par courbes de niveau comment se répand la nappe qu'on désigne d'ordinaire sous le nom de nappe d'infiltration. On voit avec surprise que cette nappe, alimentée par les eaux météoriques du bassin, et non par les filtrations de la rivière, descend à la vallée, et que ses pentes, sa perte de charge est en raison de la moindre perméabilité des couches qu'elle traverse. La Seine fait appel comme un collecteur sur les eaux souterraines.

Si une pareille étude était dressée, non plus pour une

localité, pour le département de la Seine, mais pour la France, on aurait réuni des renseignements presque aussi utiles que ceux du nivellement général. Connaître en chaque point le niveau, la puissance de la couche aquifère, et le titre de l'eau qu'elle fournira (car une indication hydrométrique accompagne chaque cote d'altitude), c'est déterminer les difficultés de fondation, guider les travaux de forage et le drainage. Les ouvrages faits à la campagne prendraient une sûreté que Paris seul possède maintenant.

§ 2. — Assainissement de Paris.

Paris, serré entre les buttes Montmartre et Belleville au nord, la montagne Sainte-Geneviève au midi, n'eut longtemps pour émissaire d'égout que le ruisseau de Ménilmontant qui coulait parallèlement à l'enceinte des boulevards. Il était découvert, et c'est sous Charles VI seulement que le prévôt Hugues Aubriot fit voûter le branchement des halles. L'infection des égouts était telle, qu'elle fut une des causes de l'abandon du palais des Tournelles et de l'adoption du Louvre comme résidence royale. C'est le prévôt des marchands Turgot qui, en 1736, fit couvrir le ruisseau infect, devenu l'égout de ceinture, et alors on put bâtir le quartier de luxe de la Chaussée-d'Antin.

Lors de la distribution des eaux de l'Ourcq, après 1830, MM. Duleau et Emmery reprirent avec énergie l'étude de l'assainissement : ils soulagèrent l'égout de ceinture en construisant des branches transversales qui versaient en Seine. La ville s'améliora, mais la rivière fut souillée. Le remède devait se trouver dans un égout latéral; M. Dupuit le proposa et le fit exécuter, lors du percement de la rue Rivoli (1852). Mais on ne sortait d'un mal que pour tomber dans un autre. Toutes les déjections débouchaient en Seine, sous le pont de la Concorde, au milieu des magnificences de Paris. M. Belgrand, pour parer à cet inconvénient, proposa, en 1856, de

couper le faîte de la place de l'Europe par un tunnel, et d'aller porter la bouche de l'émissaire à Asnières, où l'on gagnait $1^m,70$ de chute, que perd la Seine dans le détour de Saint-Cloud.

C'est le tracé magistral auquel se rattache aujourd'hui le réseau entier des égouts. Dans les grandes artères de circulation sont établis des collecteurs qui ramassent le produit des galeries secondaires, fonctionnant dans les rues comme drains. La rive gauche s'unira bientôt à la rive droite par un siphon jeté au pont de la Concorde, et le drainage de la ville, eaux ménagères, industrielles et pluviales, descendra tout entier au fleuve par le souterrain d'Asnières.

Parlons des *profils*. L'égout de ceinture, qu'on prit d'abord pour modèle, était un rectangle voûté de 2 toises de largeur. On commit la faute de copier ce profil jusqu'à la réaction due à MM. Duleau et Emmery, qui construisirent beaucoup d'égouts de petite section, soumis à la condition de laisser passer un ouvrier debout. Le type était à peu près celui d'un cercueil. En 1851, les ingénieurs qui vinrent à la première Exposition, remarquèrent les mérites du profil ovoïde, qui se généralisait à Londres. Ils l'introduisirent à Paris, en le grandissant, en l'exécutant à parois lissées en ciment. M. Dupuit adopta le type à l'égout Rivoli; mais il le grandit à des dimensions de $2^m,40$ 3/4, qui semblaient alors extrêmes, et il put y placer des banquettes de $0^m,40$, pour marche-pied, et un canal de $1^m,20$, armé d'une voie de fer sur ses arêtes. Les conduites d'eau se logeaient d'ailleurs dans les naissances. L'égout devenait l'organe qui allait enfermer tous les services souterrains.

Dans le tunnel d'Asnières, la construction se montre plus hardie : la section est elliptique : elle prend 6 mètres d'ouverture et 4 mètres de hauteur; elle offre un vide qui reçoit deux banquettes de $0^m,90$ et un canal de $3^m,60$ portant bateau. Le revêtement en ciment s'étend partout, sur le radier, les pieds-droits, la voûte; aucune ordure ne peut s'ar-

rêter sur les parois brillantes, qui, en même temps, réfléchissent la lumière et le son.

L'état définitif est réalisé : un large émissaire de 6 mètres, avec banquettes et canal de navigation ; des collecteurs de rive ou de ceinture ayant, avec 3 mètres d'ouverture, un chemin de fer au-dessus de leur cunette ; enfin, sous chaque rue, une galerie de 1m,30/2m30 qui borde la maison, qui en reçoit le tuyau de fonte apportant l'eau sale, et lui renvoie le tuyau de plomb qui amène l'eau pure. Car, toutes les conduites doivent circuler en égout, et s'il y a exception pour les conduites de gaz, c'est qu'on n'est pas encore sûr de la ventilation de la ville souterraine. Partout les profils sont adoucis, les formes moulées avec une rigueur géométrique. L'emploi du ciment a réalisé ces améliorations qui procurent la propreté. Nous allons juger bien vite les conséquences d'un système ainsi compris.

Nettoyer les égouts a toujours paru une tâche difficile. Agrippa l'avait reçue d'Auguste pour les cloaques de Rome, et il se félicitait d'avoir réussi. A Paris, l'entreprise offrait moins de difficultés; la pente et le courant travaillent seuls. Plaçons-nous sur la banquette de l'émissaire d'Asnières et regardons passer le bateau : il porte à l'avant une vanne que l'on descend jusque près du radier. L'eau s'amoncelle derrière la vanne, chasse par la lumière laissée au fond, et constituant un torrent factice, affouille le sable et les ordures qui tendent à se déposer, les oblige à marcher; et comme le bateau descend lentement par la même impulsion, le torrent recommence sans cesse. En dix jours, les sables ont parcouru 4 kilomètres, et sont arrivés à la bouche qui les perd en Seine.

Ce que fait le bateau dans l'égout d'Asnières, le wagon le reproduit à plus petite échelle dans le collecteur; il a plongé sa vanne dans le canal, et les immondices ont été poussées en avant jusqu'à l'émissaire. Nous constatons ici un bon exemple d'utilisation des forces naturelles. C'est l'eau de la

distribution qui nettoie l'égout. L'ouvrier est devenu un mécanicien qui, d'un tour de vis, lâche ou modère la force motrice, conduite en esclave.

§ 3. — Assainissement de Londres.

Le drainage de Londres présentait d'énormes difficultés. Londres est immense; il compte plus de trois millions d'habitants, et comme chaque ménage occupe une maison, il faut voir plus de trois cent mille maisons répandues en groupes isolés sur 21,000 hectares d'étendue. On peut, parallèlement à la Tamise le long des parcs, sur une route de près de 20 kilomètres, rencontrer toujours des habitations, suivre une seule et même rue. En outre, l'unité d'administration n'existait pas dans cette ville; chaque paroisse gouvernait sur son territoire, y faisait ses égouts et ses pavages sans s'inquiéter des voisins. La cité fut la première à réclamer plus d'ordre, et à obtenir du Parlement, en 1848, un acte de consolidation qui remît le pouvoir au seul corps municipal. La cité centralisée, servie par des ingénieurs capables, fit des progrès rapides dans l'assainissement; elle entra en lutte avec la mortalité et la fit baisser.

En dehors de Temple-Bar, dans le vrai Londres de la métropole, la réforme pénétra aussi. La commission centrale des égouts, instituée en 1851, tend à absorber les paroisses, et est devenue le *Metropolitan Board of Works*, le service central des travaux. L'unité une fois acceptée, on chercha un bon projet de drainage. Les discussions durèrent près de dix ans. Comment traiter ce territoire immense, dont la partie la plus riche, la plus peuplée, est au-dessous du niveau des hautes mers, et où les étages bas, les sous-sols, sont occupés par les cuisines et les domestiques? Comment se débarrasser des eaux d'orage qui viennent des hauteurs voisines inonder les quartiers bas? Comment faire un écoulement continu et ne pas emmagasiner les immondices, quand la

haute mer supprime, douze heures sur vingt-quatre, la faible pente, au moyen de laquelle on livre à basse mer, à la Tamise, les eaux ménagères, les vidanges, les eaux pluviales ?

Le projet élaboré par M. Forster devint définitif entre les mains de M. Baralgette. La solution ressemble à celle que notre vieux maître, M. de Prony, a fixée pour les marais Pontins. On trace au pied des hauteurs un égout de ceinture qui, par la pente, dérive les eaux extérieures vers la Tamise d'aval. On place parallèlement au fleuve des égouts latéraux profonds, et l'on coupe même par une ligne de service moyen l'intervalle compris entre la ceinture et le thalweg. Les eaux intérieures du polder (car la métropole ainsi enfermée n'est pas autre chose), les eaux intérieures vont sur chaque rive tomber à un puisard qui est à 6m,30 (21 pieds) en contre-bas des hautes mers. Là, des pompes les reprennent et les rejettent au-delà de Wolwich, assez loin pour que la marée ne ramène pas sous les ponts les immondices de la ville.

Tel est le projet qui s'exécute aujourd'hui, et qui, dans deux ans, sera terminé. « C'est, disaient les rapporteurs, sir William Cubitt et Stephenson, c'est comme si l'on démolissait et qu'on reconstruisit Londres, et qu'on le reconstruisît à 21 pieds au-dessus de son niveau actuel. »

On a adopté la plus grande simplicité dans les profils. L'ovoïde, employé sous les rues où l'écoulement d'eau est souvent faible, a fait place au cercle, qui peut, avec le minimum de contour, livrer passage au maximum de liquide. La brique jaune, faite à la machine et bien comprimée, et le ciment Portland, permettent de construire rapidement des tuyaux qui varient de 9 à 12 p. de diamètre (2m,70 à 3m,30; 3 mètres en moyenne).

Le curage sera obtenu par la vitesse des eaux, et la vitesse sera créée par l'aspiration. La pompe est donc l'organe essentiel du système; combinée avec discernement, elle est à plongeur métallique et à clapets multiples en cuir. Quadril-

lez l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie, mettez un clapet sur chaque carré, et vous aurez l'image de la pompe à plongeur choisie par M. Baralgette pour aspirer et refouler des liquides sales.

Il nous reste à dire un mot sur le drainage des habitations : il s'exécute complétement en poterie, en grès émaillé de Lambeth. Les fabriques de Lambeth atteignent à une perfection rare, et il suffit pour s'en convaincre de regarder l'exposition de Doulton. Elles produisent non-seulement les tuyaux, mais les ternes, les serpentins, les robinets de 20 centimètres, et même les égouts ovoïdes de $1^m,20$. Avec le grès à Londres et le ciment à Paris, on peut appliquer tous les procédés.

RÉSUMÉ.

Ainsi, dans deux ans, Londres et Paris auront terminé leur œuvre d'assainissement. Ni la ville ni les rivières sous les ponts ne seront salies par la vue et l'odeur des immondices. Mais le progrès ne doit pas s'arrêter là; on ne saurait admettre que les eaux de la Seine doivent être indéfiniment souillées par Paris, et que Londres doive perdre les engrais produits par une population de trois millions d'habitants. Le jour où le drainage de ces deux grandes villes sera achevé, il faudra songer à d'autres travaux, aborder une entreprise plus gigantesque encore : l'irrigation de la campagne par les eaux chargées d'engrais.

Alors seulement le mal disparaîtra entièrement, parce que les lois naturelles seront satisfaites.

CHAPITRE III.

LE GAZ ET LE PAVÉ.

§ 1er. — Le gaz.

La fabrication du gaz, qui consiste à distiller des charbons bitumineux et à purifier les produits pour ne garder que l'hydrogène carboné, paraît avoir atteint sa limite dans les grandes usines. Rien en effet n'est exposé; à peine si l'on peut citer des cornues en terre réfractaire, envoyées par la Compagnie parisienne ou par quelques maisons belges. L'attention s'est portée plutôt sur les derniers produits, sur les goudrons, dont on a tiré une matière tinctoriale d'un grand prix, l'aniline, qui le dispute à la cochenille.

L'installation des petites usines de campagne a fait des progrès en Angleterre; les appareils Porter, inaugurés par le docteur Bower, consistent en une cornue de fonte, placée horizontalement ou verticalement dans un foyer, et envoyant les gaz distillés à un épurateur et à un gazomètre de petite dimension. Ces appareils pourraient facilement être appliqués à l'éclairage d'une église, d'une manufacture, ou même d'une grande maison de campagne. Dans le cas où l'on travaillerait pour un village, on pourrait poser des tuyaux Sébille (de Nantes), en poussier d'ardoise et sciure de bois, tuyaux légers, économiques, qui, à raison du goudron qui les tient, se percent, se courbent, se joignent avec un fer chaud, un peu comme la gutta-percha.

Nous n'avons à signaler dans les compteurs que des perfectionnements de détail pour rendre le niveau d'eau constant et obtenir des indications plus exactes de l'instrument. Le brûleur a reçu dans le bec-soleil une notable amélioration. Les jets de gaz sont multiples; ils s'échappent horizontalement des rayons d'une circonférence, et au lieu de remonter de suite, ils sont attirés vers une couronne exté-

rieure ouvrant passage vers la cheminée centrale qui surmonte le feu. Tous les produits de la combustion sont emportés, et leur écoulement fait appel d'air frais. Dans une soirée à l'Athenæum, nous avons pu constater l'éclat doux et égal et la sensation de fraîcheur naturelle que cause cette lumière astrale. Il semble que la couronne et sa cheminée modifient la flamme du gaz, comme le double courant d'air dans les lampes d'Argant a changé la flamme de l'huile. Dans l'intérêt de nos yeux, qui souffrent d'une lumière chaude et rouge, dans l'intérêt de nos poumons qui appellent l'air frais, tout bec de gaz devrait avoir sa cheminée et devenir un appareil de ventilation.

§ 2. — Le Pavé

Après avoir parcouru l'étage souterrain des voies publiques, il eût été curieux d'examiner à la surface les chaussées et les trottoirs. Mais l'industrie ou la science n'est guère représentée dans cette application spéciale que par le modèle d'une machine à fabriquer les pavés, laquelle fonctionne pour l'approvisionnement de Paris dans la carrière de Marcoussis. C'est une ingénieuse application du marteau pilon, qui, devenu mobile, frappe une masse de grès suivant les directions où l'on veut obtenir la fente. La vapeur fait le travail, en évitant aux carriers des efforts violents et une respiration de poussière qui abrégeait leur vie.

On peut donc tailler mécaniquement des roches dures, et c'est là un point essentiel, car l'active circulation qui se fait à Paris sur les boulevards, à Londres sur la ligne de la Cité, à l'Exposition, dévore les matériaux tendres. Pour obtenir des résistances sérieuses dans les matériaux employés à l'entretien des voies publiques de ces deux grandes villes, il faut recourir aux formations ignées, aux roches éruptives. C'est par l'emploi du granit d'Écosse que le pont de Londres soutient un croisement de vingt mille voitures par jour; c'est

grâce à la diorite de Guernesey que la chaussée de l'Exposition reste une mosaïque dure, malgré la pluie fréquente et une inondation de voitures rapides qu'on ne voit nulle part ailleurs.

SECTION V.

INDUSTRIE DU BATIMENT,

PAR M. LE BARON BAUDE.

Les moyens d'action et les formes créés par la science et par l'industrie moderne, offrent déjà un ensemble imposant d'éléments nouveaux favorables au développement de l'architecture contemporaine : nous ne nous sommes pas borné ici, pour en indiquer les principaux résultats, aux objets réunis dans le palais de l'Exposition universelle. L'initiative prise à Londres par M. le ministre des travaux publics de France, pour l'une des branches des constructions civiles, n'a pas eu assez d'imitateurs pour qu'on y trouvât un résumé complet des tendances présentes propres aux diverses industries qui concourent à l'édification de nos bâtiments ; les ingénieurs et les architectes anglais eux-mêmes étaient loin d'avoir tous répondu à l'appel qui nous conviait à venir chez eux constater les progrès réalisés depuis 1851; mais modifiant à notre intention la noble et touchante inscription de sir Christopher Wren, à Saint-Paul, de Londres, ils pouvaient nous dire : *Si exhibitionem requiris, circùm aspice :* nous avons donc regardé autour de nous, en Angleterre et partout où nous avons cru trouver les traces d'une amélioration, d'un exemple à suivre, et nous les signalons ici en nous limitant aux trois divisions principales de la maçonnerie, de la charpenterie et de la grosse serrurerie.

CHAPITRE PREMIER.

MAÇONNERIE.

§ 1er. — Maçonnerie française.

Les progrès réalisés dans cette partie fondamentale de l'art des constructions sont nés d'une connaissance mieux approfondie des matériaux naturels, de la découverte ou de l'exploitation de carrières nouvelles, et de méthodes plus parfaites pour la fabrication des matériaux artificiels. Le développement universel de l'industrie des chaux et des ciments forme un des traits les plus saillants de ce tableau; il a été tracé ailleurs et il ne nous appartient pas d'y revenir. Il résulte toutefois des progrès réalisés dans cette voie, ouverte par les travaux de Vicat, une disposition générale à signaler, manifestée déjà par des exemples et des résultats remarquables : plusieurs des grands ouvrages de maçonnerie, récemment exécutés, constituent des masses homogènes, on pourrait presque dire des monolithes, plutôt que des assemblages de parties indépendantes se soutenant par leur pression réciproque, comme la stéréotomie nous apprend à les considérer. Sans exagérer la portée de cette tendance, elle a produit déjà plus de hardiesse, de rapidité et d'économie dans l'exécution de bien des travaux. Nous pourrions citer mille exemples empruntés aux ponts, aux égouts, aux nombreux ouvrages construits avec les ciments Gariel, de la Valentine, de Boulogne, et bien d'autres. En ce qui concerne spécialement l'architecture civile, l'Exposition universelle nous offrait la même manifestation dans plusieurs de ses parties : les objets exposés par M. Coignet, sous le nom de *bétons agglomérés*, ne donnent qu'un aperçu de ses efforts pour étendre dans toutes les directions l'application d'idées

se rattachant à ce même ordre de faits ; mais les constructions qu'il a exécutées à Saint-Denis et dans plusieurs autres localités, notamment une grande maison d'habitation dont les murs, les planchers et les combles ne forment en réalité qu'une seule pièce, méritent d'attirer particulièrement l'attention de tous ceux qui prennent intérêt aux progrès de l'art de bâtir, et surtout de ses applications économiques à la satisfaction des besoins de l'industrie, et à l'amélioration de nos demeures les plus modestes.

§ 2. — Maçonnerie anglaise.

Ce dernier objet a continué à préoccuper l'attention publique en Angleterre, et les essais tentés dans ce sens ont amené des perfectionnements applicables ailleurs. Parmi ceux-ci l'usage très-répandu des poteries creuses, les divers appareils de briques, employés pour faire des murs d'habitation creux, moins chers, plus stables pour une quantité de matériaux donnée, et dans l'intérieur desquels l'air renfermé s'oppose aux variations de la température, ont un prix tout particulier sous un climat humide et variable. Les produits de M. John Taylor se sont distingués entre autres par des combinaisons recommandables.

Les briques de parement (*facing blocks*) s'emploient creuses ou pleines ; elles ont, en coupe, la forme d'une équerre à branches égales en longueur au double de leur épaisseur, qui est celle de la brique courante : elles se posent conjointement avec celles-ci de manière à former un vide à section carrée au milieu du mur, dans chaque assise, et à éviter tout joint continu susceptible de transmettre l'humidité à travers l'épaisseur du mur : elles peuvent aussi servir à faire des murs en béton dont elles forment les parements. Les parpaings en grès vitrifié pour fondations (*damp proof course for foundations*), du même auteur, percés de trous transversaux pour la circulation de l'air, même au droit

des joints, se posent en assise continue à quelques décimètres au-dessus du sol : ils interceptent efficacement le passage de l'humidité montante. Ces produits ont reçu déjà des applications en grand (hopital régimentaire de Hounslow, etc.).

Nous devons appeler l'attention sur la supériorité des fabriques anglaises pour les poteries de tout genre, économiques ou de luxe, applicables à l'assainissement ou à l'embellissement des édifices. Les tuiles vernies, les carreaux pour revêtement des surfaces verticales et horizontales de MM. Minton, Maw, etc., les pavages en grès pour écurie de M. Garrett, etc., ont mérité l'approbation du jury.

Tous ceux qui ont vu à Munich, et dans maintes régions de l'Allemagne, le parti qu'on sait tirer de la brique et des ornements de terre cuite en architecture, ont regretté que les producteurs allemands n'aient pas plus largement apporté aux visiteurs de l'Exposition universelle les témoignages de leur expérience et de leur savoir-faire.

CHAPITRE II.

CHARPENTERIE.

Les exigences modernes et la rareté croissante du bois créent chaque jour de nouvelles difficultés à l'art du charpentier; cependant cet art, qui semblait autrefois se piquer de se suffire à lui-même sans le secours d'aucun autre, n'est pas resté impuissant devant les problèmes posés aux constructeurs contemporains : même en Angleterre, ce pays du fer par excellence, il conserve un rôle important dans les les plus vastes édifices comme dans les plus humbles habitations.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire ici les jolies productions, imitées de la Suisse et de l'Allemagne, où le bois

occupe une si grande place au point de vue de la construction et d'une décoration élégante et peu coûteuse : les chemins de fer de la Bavière et de la vallée du Rhin en ont rajeuni l'emploi; le goût s'en est répandu en France depuis quelques années, et plusieurs établissements en ont fait une branche spéciale d'industrie qui concourt déjà dans une proportion remarquable à l'embellissement de nos campagnes et de nos promenades publiques.

Nous devons nous contenter de citer les plus marquants parmi les grands travaux qui ont appelé l'attention durant ces dernières années. On ne saurait se dispenser d'y comprendre ceux dont l'objet est la restauration des plus précieux restes de notre passé, la flèche de Notre-Dame de Paris, entre autres, et le beffroi de cette cathédrale, ouvrages où les meilleurs procédés de la charpenterie sont appliqués à des formes, à un style dont la tradition perdue s'est retrouvée par un puissant effort de science et d'érudition.

Malgré leur énergique esprit d'initiative individuelle et la personnalité bien tranchée de leur génie national, le culte des hommes pratiques pour l'archéologie est encore plus accusé chez nos voisins que parmi nous, et ne se manifeste pas uniquement dans de simples restaurations. La réunion sur la même place d'édifices bâtis hier, par les mêmes procédés, avec les mêmes matériaux, quelquefois par les mêmes auteurs, mais se rattachant aux traditions les plus opposées, produit souvent des contrastes bizarres dans les villes anglaises. Ce respect exagéré pour un passé vénérable se montre sous une de ses formes les moins recommandables, à notre avis, dans les imitations nombreuses des combles apparents, pour églises ou grandes salles de réunion, dont l'architecture anglaise offrait, dès le xv[e] siècle, de célèbres exemples : Westminster Hall, Ely, Eltham.

Ces dispositions très-remarquables étaient hardies, et peut-être économiques en leur temps; elles ont fait place à d'autres plus avantageuses et plus simples, dont l'art doit s'em-

parer, et qu'il doit s'appliquer à faire valoir à leur tour pour satisfaire à la loi de son progrès.

C'est ainsi que dans l'un des édifices les plus importants élevés récemment en Angleterre, l'hôtel de ville de Leeds, le système d'arcs en planches courbées à plat, du colonel Emy, a été employé pour couvrir une grande salle de $21^{m},96$ de largeur : les fermes portent un plafond cintré en plâtre, décoré de riches caissons.

Une autre application du même principe, marquée d'une empreinte plus originale, a été faite à la gare de King's-Cross, à Londres (*Great Northern Railway*); la suppression des pièces qui lient l'arc en planches aux arbalétriers, auxquelles on a substitué une armature métallique, a simplifié la ferme au profit de son aspect monumental. Cette belle gare est principalement formée de deux halles accouplées de 32 mètres d'ouverture chacune, séparées par un mur percé de larges arcades; elle mérite d'être étudiée à tous les points de vue; l'impression grandiose de son ensemble reste malheureusement bien incomplète par suite de l'absence totale de décoration, de la nudité et de la triste couleur des matériaux employés.

Dans le palais de Cromwell Road lui-même, le bois se montre de tous côtés; les fermes cintrées de la grande nef et des annexes offrent une heureuse application du système de Philibert Delorme. La décoration peinte des premières est parfaitement adaptée au mode de construction; elle est simple, riche, expressive. On pourrait lui adresser un reproche: c'est par son éclat même et la quantité de lumière qu'elle absorbe, d'attirer le regard au détriment des trophées industriels et artistiques de la nef. Les planchers à solives apparentes de la galerie longeant Cromwell Road méritent d'être cités pour la simplicité de leur disposition et leurs bonnes proportions.

On ne voyait pas figurer à l'Exposition universelle un système de combles qui a rendu des services aux docks du

Havre, dans les gares de Cherbourg et du chemin de fer des Ardennes; son apparence extérieure rappelle la forme bien connue d'un pont de Palladio, ou celle du comble de la gare de Philadelphie ($45^m,75$); chaque ferme est composée de panneaux juxtaposés à la manière des voussoirs des voûtes; chacun de ces panneaux ou cadres a la forme d'un trapèze dont la rigidité est assurée par un croisillon; les panneaux contigus sont réunis par des plates-bandes de fer jumelles, ajustées et boulonnées comme des éclisses au droit des assemblages d'angle du cadre. Ce système permet d'établir des fermes de toute portée avec des matériaux de petite dimension; on peut transporter facilement les panneaux à de grandes distances, les monter rapidement avec les premiers ouvriers venus et les démonter de même. Ils s'emploieront donc avantageusement pour toute espèce d'édifices temporaires, des ateliers, des salles de fête, ou d'exposition; leur prix est peu élevé : ainsi, les halles à marchandises de Reims, de 120 mètres de longueur ensemble, et de 21 mètres de largeur, avec poteaux en bois et cloisons en briques, n'ont coûté que 34 francs le mètre carré, tout compris, excepté les quais d'embarquement, quoique le procédé soit encore protégé par un brevet.

Cette disposition s'adapte aussi à toutes les formes de plan: l'une des grandes remises à locomotives de Mohon, sur le chemin de fer des Ardennes, de forme polygonale et de 50 mètres de diamètre, a été couverte au moyen de fermes du même système avec tirants en fer et sans supports intermédiaires.

Parmi les plus ingénieuses et récentes combinaisons de charpenterie appliquées à des édifices de cette forme, le comble du cirque du boulevard des Filles-du-Calvaire, construit en 1853 par M. Hittorf, tient une place éminente : il a 39 mètres de diamètre sans supports intermédiaires et sans entraits; les arbalétriers, formés de poutres armées en bois, sont reliés à leur pied par une ceinture rigide qui détruit

leur poussée; leur disposition se prête parfaitement à l'établissement du double plafond indispensable dans toute construction de cet ordre.

CHAPITRE III.

GROSSE SERRURERIE.

Le fer possède au plus haut degré les qualités qui manquent au bois, et les progrès de sa fabrication, les formes avantageuses qu'on sait lui donner, rendent son emploi de plus en plus économique et général. Son incombustibilité l'a fait d'abord admettre là où l'incendie peut entraîner les pertes les plus redoutables. Nous n'en connaissons pas, dans l'industrie des bâtiments, d'applications en grand antérieures à celles faites par Brébillon, en 1779, aux combles en fer forgé et en poterie du salon carré du Louvre; et, quelques années plus tard, en 1785 et 1786, par Louis, au théâtre de Bordeaux, au Théâtre-Français et aux planchers du grand salon du Palais-Royal.

§ 1er. — Planchers de fonte et de fer forgé.

En 1801, la première application sur une échelle un peu considérable des planchers incombustibles en fonte, avec remplissage d'arcs en briques, était faite en Angleterre par Walt et Boulton, dans l'usine de MM. Philips et Lee, à Manchester. Plusieurs accidents graves, entre autres celui d'Oldham-Mill, ont démontré les dangers que présente ce système quand on ne prend pas la précaution de contre-buter la poussée des arcs en briques par des tirants en fer; la rupture d'une seule solive en fonte peut amener la chute de tout l'édifice. En 1824, on employait la fonte pour l'exécution des grands planchers du musée Britannique et du palais de Buckingham

à Londres. En 1833, le docteur Henry Hawes Fox appliquait à la construction d'un asile d'aliénés, dans le Gloucestershire, le système de planchers aujourd'hui connu sous le nom de Fox et Barrett : c'est le plus répandu en Angleterre. Des solives en fonte, en forme de T renversé, portent sur leurs saillies horizontales un lattis en bois, ou des prismes allongés, en terre cuite, qui en tiennent lieu ; ce lattis sert de soutien momentané à une couche de béton, jusqu'à ce qu'elle ait fait prise; le plancher constitue alors comme une large dalle avec ossature en fer.

Cependant, on n'avait pas abandonné en France la voie indiquée tout à l'heure. La reconstruction en fer de la coupole de la halle au blé, par Bellangé et Roussel, en 1811, le comble de la Bourse, par Labarre (1823-1825), avaient marqué des progrès notables. Les grands travaux de restauration, exécutés par Fontaine en 1828 et 1829, au Palais-Royal, la construction simultanée des théâtres du Cirque-Olympique, de l'Ambigu, de l'Opéra-Comique, de la salle Ventadour, du Vaudeville, du Palais-Royal (1827 à 1831), et celle des serres du Jardin des Plantes (1833), donnèrent à cette industrie encore naissante une impulsion considérable. Ce fut en grande partie grâce au fer qu'on put, en 1838, reconstruire en quinze mois le palais d'hiver, incendié à Saint-Pétersbourg, en le mettant pour jamais à l'abri des causes qui avaient amené sa ruine. Enfin, vers 1845, la fabrication des fers laminés spéciaux, guidée par les progrès de la science théorique, commença l'ère nouvelle d'un développement inouï jusqu'alors des constructions métalliques.

Nous avons regretté vivement que les divers systèmes de planchers français, hautement appréciés en 1855, se soient abstenus de paraître à Londres. Leurs dispositions, en général fort simples, présentent une rigidité très-suffisante et une légèreté remarquable. Il est d'ailleurs un témoignage frappant en leur faveur, c'est qu'en France les planchers métalliques sont entrés largement dans la pratique des cons-

tructions privées, tandis qu'en Angleterre ils ne se rencontrent que dans les grands édifices. Une autre différence est encore à noter, l'usage persistant de la fonte en Angleterre, la préférence donnée en France au fer forgé dès l'origine. Enfin l'art le plus sérieux ne dédaigne plus chez nous, dans les édifices du caractère le plus élevé, de recourir à la nouvelle matière et d'en accuser franchement l'emploi, comme on l'a fait avec succès dans le vestibule du palais d'exposition de l'École des beaux-arts, à Paris.

Le remplissage entre les solives métalliques des planchers, au lieu d'être fait en poteries, a été souvent formé en tôle ondulée ou en tôle courbée, comme une voûte en berceau. Les plaques de M. Mallet (*bukled plates*) offrent une solution différente du problème : ce sont des feuilles de tôle de forme carrée, de $1^m,22$ de côté, légèrement embouties, de manière à présenter en tous sens dans une coupe normale, à leur surface la figure d'un arc de cercle : elles peuvent s'appliquer à plusieurs usages, mais spécialement à la construction des planchers de faible épaisseur; elles sont même susceptibles de concourir à la décoration des plafonds, où elles dessinent des caissons nettement accusés.

Les escaliers offrent une des applications les plus anciennes et les plus intéressantes du fer et de la fonte. Ces matières permettent de les faire plus hardis, plus rigides, moins encombrants : l'incombustibilité a ici un prix tout particulier. En effet, c'est le plus souvent la destruction de l'escalier qui amène les désastres les plus déplorables dans les incendies. Les escaliers métalliques de grande dimension nous ont paru plus répandus en Angleterre que chez nous. Dans les hôpitaux, dans les casernes, depuis plusieurs années, on n'en voit guère d'autres ; ils se prêtent à des formes très-élégantes qui mériteraient d'attirer davantage sur eux l'attention de nos artistes.

§ 2. — Combles.

C'est par son application aux combles que le fer a jusqu'ici marqué son empreinte la plus originale dans l'architecture contemporaine. Après les tentatives signalées plus haut, où l'emploi du métal était généralement dissimulé, les grandes gares de chemins de fer, les expositions d'industries, etc., sont venues poser aux architectes des problèmes tout nouveaux, dont le dernier mot est loin d'être dit. Dans le champ d'application immense qui s'ouvrait pour les nouveaux matériaux, on ne pouvait plus hésiter à les mettre en évidence, à en tirer parti pour la création d'un système décoratif. La part du fer dans la réalisation de ces imposantes manifestations de la civilisation moderne était assez grande pour qu'il y figurât à la place d'honneur. Nous indiquerons ici parmi ces œuvres, sans analogie dans le passé, les plus nouvelles et les plus dignes d'attention.

Les fermes des combles se présentent sous deux aspects, les fermes droites, les fermes cintrées.

Pour les premières, la combinaison si simple et si élégante que Camille Polonceau appliquait, en 1839, au chemin de fer de Versailles (rive gauche), a entièrement prévalu en France; elle a reçu mille applications, entre lesquelles nous devons citer le marché du Château-d'Eau (35^{m}), la gare de Perrache, à Lyon (34^{m}), la gare de Bordeaux (30^{m}), la gare Saint-Lazare (40^{m}). On tend aujourd'hui à se contenter d'une seule paire de bielles par ferme; on fait alors les arbalétriers plus robustes, souvent même en treillis. Il en résulte plus de simplicité dans l'ensemble, plus de fermeté dans les détails, un aspect général plus dégagé et plus monumental.

Quoique ce système ait ses partisans en Angleterre, il n'y a pas reçu le même développement qu'en France. La ferme qui continue à prévaloir est une imitation de la ferme en

bois, souvent employée pour les combles à grande portée et à pente douce. Elle se compose d'un entrait et de deux arbalétriers liés par des pièces pendantes, dessinant une série de trapèzes, ceux-ci traversés par des tendeurs diagonaux penchés du milieu vers les points d'appui. Telle est la ferme de la station de Chester, celle de la station de Tythe Barn, à Liverpool (46^{m},26). Nous n'hésitons pas à déclarer parfaitement justifiée à nos yeux la préférence donnée par les constructeurs français à un système plus simple et mieux adapté aux propriétés physiques de la matière employée.

Les fermes cintrées et les fermes mixtes (nous appellerons ainsi celles dont les arbalétriers droits sont portés par des arcs plus ou moins relevés) offrent des types plus nombreux où le fer et la fonte sont tantôt réunis, tantôt employés à l'exclusion l'un de l'autre. Les plus grandes fermes anglaises rentrent dans cette classe : ce sont celles de la gare de Lime street, à Liverpool (46^{m},68 d'ouverture), et celles de la gare de New street, à Birmingham (64^{m},66). Ces dernières couvrent la réunion de cinq chemins de fer sous leur vaste envergure. Le principe de leur construction est du reste le même que celui des fermes rectilignes dont nous parlions tout à l'heure. A Birmingham, les tendeurs, inclinés doubles dans chaque trapèze, suivent le tracé des deux diagonales. Parmi les applications les plus élégantes de ce principe, se trouve la partie couverte du marché de bestiaux de Copenhagen Fields, à Londres.

Il se reconnaît encore, avec moins de hardiesse, dans les deux grandes halles qui s'élèvent en ce moment à la station de Victoria pour le London, Chatham and Dover Railway. Les arbalétriers, au lieu d'être formés de simples T, sont composés de panneaux avec croisillons compris entre deux arcs concentriques. Cette disposition s'est présentée souvent à l'esprit des constructeurs ; le fer et la fonte s'y prêtent tous deux. Qu'il nous suffise de nommer le palais de Sydenham, le palais

de l'Industrie, à Paris (48^m et 24^m), le marché de la rue Buisson, à Lyon, avec ses trois nefs et leurs arcs de fonte portés par de légères colonnes, édifice où l'alliance de la pierre avec le bois, le fer et le verre, a été mise à profit de la manière la plus heureuse.

On a aussi appliqué aux ouvrages en fer les idées que nous avons mentionnées en parlant de la charpenterie, le système des panneaux ou voussoirs juxtaposés; mais, en général, on s'est plutôt efforcé de constituer des arcs suffisamment rigides par eux-mêmes, dont la poussée pouvait être contre-boutée par de légères culées, sans avoir recours aux tirants en fer. Ceux-ci ne conviennent plus dans les édifices d'un certain ordre; ils y rappellent trop vivement les préoccupations imposées par les propriétés de la matière pesante, coupent en tous sens les grandes lignes et les motifs de la décoration des plafonds, embarrassent le regard et arrêtent la pensée dans son élan vers l'espace; on cherche donc à s'en passer. Les exemples de fermes avec panneaux plus ou moins accusés, cités plus haut, ne sont qu'une des manifestations de cette tendance; elle a rencontré d'autres expressions : ainsi, à la station de Paddington, à Londres (Great Western Railway), l'un des édifices où l'art moderne a le mieux réussi à rehausser la portée d'une œuvre industrielle, les grandes halles des voyageurs sont couvertes avec des fermes en tôle, formées d'arcs elliptiques d'un aspect à la fois ferme et léger, reliées à leurs supports en fonte par des ornements de même matière qui donnent du corps aux parties les plus chargées; leur section est un double T.

Les combles des stations du chemin de fer métropolitain, en ce moment en construction, paraissent établis d'après des principes analogues, mais la part faite à l'art y est moins large.

§ 3. — Dômes et voûtes circulaires.

C'est peut-être dans les grands bâtiments de forme circulaire que le fer est appelé à produire les plus puissants effets et à moins de frais, car la poussée est facilement détruite, dans ce cas, en liant le pied des fermes par une ceinture inextensible. C'est ainsi que la seconde remise à locomotives de Mohon (Ardennes), exécutée sous la direction de M. Ducos, ingénieur en chef des ponts et chaussées, par M. Joly (d'Argenteuil), nous offre l'exemple unique d'une coupole de 50 mètres de diamètre, sans autres éléments que cette ceinture et des arcs en anse de panier très-surbaissés. Il ne nous appartient pas d'examiner ici les deux dômes du palais de Cromwell Road ; quoi qu'on en puisse dire, deux coupoles de 48m,80 de diamètre élevées à environ 80 mètres au-dessus du sol, méritent l'attention du constructeur. Mais la ville de Londres nous offre un autre édifice bien propre à faire ressortir les avantages des nouveaux procédés : c'est la nouvelle salle de lecture du Musée britannique. Cette vaste coupole a 43m,31 de diamètre ; elle est supportée par vingt arcs de fer principaux, reliés par des voûtes en briques. Les points d'appui de ces vingt arcs occupent sur le sol une superficie totale de 18m,60. La première ferme a été mise au levage en janvier 1855 ; le 2 juin suivant, tous les cintres étaient enlevés sans qu'on eût remarqué le moindre mouvement ; au mois de septembre, la couverture en cuivre extérieure et le plafond intérieur étaient terminés. Cette salle a coûté 7,750,000 francs. Parmi les coupoles que le passé nous a léguées, celle du Panthéon romain (43m,91) et celles de Saint-Pierre de Rome et de Sainte-Marie de Florence (42m,25) ont seules des dimensions analogues. Nous n'entendons pas établir ici la comparaison à un autre point de vue que celui de la construction proprement dite, mais elle offre une mesure bien sensible du progrès fait, sous le rapport de ce qu'on a appelé l'effet

utile de la construction. Ainsi, les points d'appui du Panthéon romain couvrent 695 mètres carrés ; les quatre piliers de Saint-Pierre de Rome et ceux de Sainte-Marie de la Fleur, environ 1,200. Qui ne se rappelle les années consacrées par Michel-Ange et ses successeurs à l'érection et à la consolidation du dôme de Saint-Pierre, les tassements qu'il a fallu réparer à grands frais, les cercles de fer qui ceignent ses reins disloqués, et les déceptions qui ont accompagné ailleurs plus d'une entreprise du même genre, qu'un serrurier anglais a pu accomplir de nos jours en quelques mois !

§ 4. — Emplois divers de la fonte et du fer dans le bâtiment.

Une simplification extrême a été apportée à la forme des combles cintrés; elle consiste à les construire uniquement avec la feuille de tôle ondulée qui forme la couverture (gare des Batignolles, etc.). Des architectes éminents de l'Angleterre n'ont pas craint de donner la sanction de leur talent à cette disposition, en l'employant dans quelques édifices destinés à être transportés dans les colonies.

La fabrication de ce genre de produits constitue depuis quelques années une industrie d'une certaine importance dans le Royaume-Uni et aux États-Unis ; l'Australie et la Californie en font une consommation notable. L'ossature est en bois ou en fer, les parements extérieurs sont en tôle ondulée ordinairement galvanisée. Toutes les pièces sont embarquées numérotées avec un plan à l'appui, et en quelques heures l'émigrant ou le colon à peine arrivé dans sa nouvelle patrie peut avoir sa maison montée dans l'emplacement qu'il a choisi ; il peut la démonter avec la même facilité et la transporter plus loin si cet emplacement ne lui convient plus. On a reproché à ces édifices leur conductibilité pour la chaleur et pour le son, inconvénients graves sous le ciel des tropiques, mais qui s'atténuent avec de doubles cloisons, suffisamment éloignées des parements. On a construit ainsi

indépendamment des maisons d'habitation, des églises, des stations de chemins de fer, des magasins, des casernes ; mais de tous ces édifices, les plus utiles et les plus intéressants sont les phares, qu'on envoie, comme un symbole précurseur de la civilisation dans ces parages éloignés, signaler leurs écueils à nos marins. Plusieurs ont déjà été élevés par les Anglais et les Américains sur divers points du globe : l'exposition française montrait le phare de premier ordre de la Nouvelle-Calédonie, de 50 mètres de hauteur, dont on a exposé ailleurs les particularités remarquables.

Un fabricant français, M. Tronchon, a proposé pour les bâtiments incombustibles une combinaison qui n'a pas encore reçu la sanction d'une assez longue expérience, mais qui mérite d'être citée. Ses murs sont composés d'une ossature en fer constituant deux cloisons parallèles : les intervalles du bâti sont remplis par un grillage en fil de fer qui sert de support à un enduit en plâtre; l'intérieur du mur reste creux, et la couche d'air, plus ou moins épaisse entre les deux enduits, forme un excellent obstacle à la transmission de la chaleur et du son.

C'est sous une forme plus restreinte et plus rationnelle que le fer tend à marquer sa place dans notre architecture européenne, et à lui imprimer un caractère qu'elle chercherait vainement dans l'imitation étroite de formes empruntées à d'autres âges. Tandis que l'art des constructions en pierre cherche à se développer dans la voie où le maintiennent des lois fixées par l'expérience et la tradition des siècles, les éléments dont nous venons d'esquisser l'histoire ont déjà donné naissance à des motifs tout nouveaux, à des conceptions sans précédents, soit que les nouvelles matières y jouent un rôle prépondérant, soit qu'elles s'allient aux anciens modes de construction; les grandes serres, les halles de Paris, les marchés de Munich, de Lyon, les jardins d'hiver, les palais d'Exposition, de Londres et de Paris, et sur une échelle moins grande, ces cours couvertes qui forment de

si agréables abris au Reform Club, à l'hôtel de ville de Paris, à l'hôtel du Louvre, etc., ces marquises élégantes qui précèdent nos gares et nos hôtels, sont autant de compositions originales qui n'appartiennent à aucune époque qu'à la nôtre.

RÉSUMÉ.

La part qui revient à la France dans ce mouvement est digne de son rang parmi les nations : il nous reste à dire quelles mesures nous croyons propres à l'y maintenir, en assurant sa marche d'un pas plus rapide et plus ferme dans ces voies nouvelles où nous poussent les exigences des sociétés modernes.

On s'accorde à reconnaître que, si nous l'emportons sur d'autres nations dans divers genres de travaux, cette supériorité est due à l'union intime de l'art, de l'industrie et de la science; nous sera-t-il permis d'avancer que cette union est encore incomplète et insuffisante en ce qui concerne les constructions civiles, que la distance est trop grande, la séparation trop tranchée entre l'architecte et le constructeur français; les tendances exclusivement utilitaires de l'un, trop exclusivement esthétiques et décoratives de l'autre, n'élèvent que trop souvent entre eux une barrière fatale au développement de l'art.

Il faut, à notre avis, s'efforcer de renouer une alliance dont l'histoire des grandes époques de l'art nous a conservé le souvenir et le modèle. L'enseignement du dessin, ce lien commun de tous les arts, répandu avec une intelligente libéralité, aura sa part dans le mouvement que nous appelons de tous nos vœux. Mais c'est surtout en agissant sur les masses, par le genre d'éducation qui se fait par les yeux, sans qu'elles en aient conscience, dans les lieux par exemple auxquels il a été donné de compter parmi les sanctuaires de l'art, que l'action du goût public épuré peut

amener des résultats certains. A défaut d'un pareil milieu et de pareils stimulants, c'est par des musées et des collections soigneusement choisies, largement ouverts à tous, que l'on peut approcher du but. La peinture, la sculpture, ont leurs musées. Pourquoi l'architecture, cet art avec lequel nous sommes perpétuellement en contact, qui réagit sur nous à toute heure, en tous lieux, qui fait partie de nous-mêmes en quelque sorte, pourquoi l'architecture n'a-t-elle pas son musée? Il nous paraît nécessaire que ce musée soit organisé, et que le mot d'architecture soit entendu ici dans son acception la plus large; que ce musée offre un point central de réunion à tous les membres de la grande famille des constructeurs, ingénieurs et architectes ; que toutes les branches de l'art de bâtir y soient représentées, depuis les plus humbles jusqu'aux plus nobles ; depuis les vénérables débris de l'acropole d'Athènes jusqu'à nos ponts métalliques, jusqu'à nos écluses à sas que Léonard de Vinci n'a pas dédaigné d'inventer; que les travaux des anciens pensionnaires de l'Académie de Rome, les trésors enfouis dans les portefeuilles de nos artistes, les moulages perdus et dispersés dans les magasins et les caves, voient enfin la lumière, pour le profit de tous et l'honneur de leurs auteurs.

Nous ne proposons rien d'ailleurs qui n'ait déjà été tenté, soit chez nous, par des efforts séparés et sur une échelle trop restreinte, soit en Angleterre, au musée de South-Kensington et au palais de Sydenham. L'emplacement est à Paris tout désigné, c'est le palais des Champs-Élysées, qui trouvera là une destination digne de ses abords monumentaux.

Des esprits éminents, familiers avec l'histoire des révolutions de l'art, ont prononcé dans ces derniers temps un mot plein de promesses, celui de renaissance, en nous laissant entrevoir que l'accroissement de la richesse générale et le développement du goût public pour les arts pouvaient être dès maintenant considérés comme des éléments favorables. Si ce n'est pas là une vaine espérance, si notre atmosphère

morale se maintient assez pure pour préparer cette révolution bienfaisante, le mouvement des études archéologiques y aura, certes, puissamment contribué ; nous lui devrons de savoir apprécier, de points de vue plus élevés, l'esprit du passé : grâce à elles, nous reconnaissons qu'une part équitable est à faire à chaque siècle dans le progrès général de la civilisation. Elles ont appelé la réprobation universelle sur le vandalisme impie qui portait chaque génération à gaspiller tour à tour la plus précieuse part du patrimoine commun de l'humanité. Mais, tout en attachant aux traditions le respect et le prix qu'elles méritent, nous avons appris aussi que les tendances exclusivement archéologiques ne produisent que de froids pastiches. Si la création d'un style et d'une école ne peut être l'ouvrage d'un jour, il est encore moins possible de ressusciter l'esprit qui vivifiait les œuvres des civilisations mortes. En pareil cas, d'ailleurs, chacun fait son choix, suivant ses penchants naturels, et il n'en résulte que l'anarchie dans le goût public. Nous le répétons, c'est par l'alliance intime de la science et de l'art, par l'union étroite de ceux qui en cultivent toutes les branches, dans une aspiration commune vers le bien et vers le beau, que les germes féconds déposés par la Providence dans le génie français peuvent se développer : aussi croyons-nous devoir insister sur le caractère pratique et rationnel que devrait avoir l'institution dont la création nous semble nécessaire, pour produire tous ses fruits, pour amener le rare et glorieux phénomène dont on a osé prononcer le nom.

TABLE DES MATIÈRES

DU

TOME TROISIÈME.

CLASSE VIII.

MACHINES EN GÉNÉRAL.

SECTION I.

MACHINES A VAPEUR FIXES ET LOCOMOBILES,
PAR MM. TRESCA ET LUUYT.

CHAPITRE PREMIER.

CHAPITRE II.

Machines à vapeur.

SECTION II.

MACHINES EMPLOYÉES DANS LA NAVIGATION.

CHAPITRE PREMIER.

PAR M. MANGIN.

CHAPITRE II.

Machines de la marine militaire,

PAR M. LE CONTRE-AMIRAL PARIS.

SECTION III.

PIÈCES DE MACHINES, RÉGULATEURS, GRUES, ETC.,

PAR M. FARCOT.

CHAPITRE PREMIER.

Pièces séparées de machines, Spécimens de fabrication, Régulateurs.

CHAPITRE II.

Grues et Appareils de levage.



CHAPITRE III.

SECTION IV.

MOTEURS HYDRAULIQUES,

PAR M. TRESCA.

SECTION V.

POMPES ET PRESSES,

PAR M. LUUYT.

SECTION VI.

MACHINES PNEUMATIQUES, POMPES A AIR, MACHINES A AIR CHAUD ET A GAZ, MACHINES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

Machines pneumatiques, Ventilateurs, Machines soufflantes,

PAR M. LUUYT.

CHAPITRE II.

PAR M. TRESCA.

CHAPITRE III.

PAR M. BECQUEREL.

SECTION VII.

INSTRUMENTS DE PESAGE ET DE MESURAGE, APPAREILS ENREGISTREURS,

PAR M. TRESCA.

CHAPITRE PREMIER.

CHAPITRE II.

CLASSE IX.

MACHINES ET INSTRUMENTS D'AGRICULTURE.

PAR M. HERVÉ-MANGON.

SECTION I.

INSTRUMENTS POUR LA PRÉPARATION DU SOL, CULTURE A VAPEUR.

CHAPITRE PREMIER.

CHAPITRE II.

Scarificateurs, Extirpateurs, Rouleaux et Herses.

CHAPITRE III.

SECTION II.

SEMOIRS DISTRIBUTEURS D'ENGRAIS, HOUES A CHEVAL.

CHAPITRE PREMIER.

CHAPITRE II.

SECTION III.

APPAREILS DE RÉCOLTE.

CHAPITRE PREMIER.

Faucheuses et moissonneuses.

CHAPITRE II.

Faneuses et râteaux.

SECTION IV.

MACHINES DE GRANGES ET DE COURS, USTENSILES DE LAITERIE, VÉHICULES ET HARNAIS.

CHAPITRE PREMIER.

CHAPITRE II.

Préparation et Conservation des récoltes.

CHAPITRE III.

CHAPITRE IV.

SECTION V.

DRAINAGE, DESSÉCHEMENTS, IRRIGATIONS.

CHAPITRE PREMIER.

Drainage.

CHAPITRE II.

Desséchements et irrigations.

SECTION VI.

OUTILS, MACHINES ET APPAREILS DE JARDINAGE ET OBJETS DIVERS.

CHAPITRE PREMIER.

Serres, Machines à tondre les gazons, etc.

CHAPITRE II.

Objets divers.

CLASSE X.

CONSTRUCTIONS CIVILES.

SECTION I.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION,

PAR M. DELESSE.

CHAPITRE PREMIER.

CHAPITRE II.

CHAPITRE III.

Conservation des matériaux.

CHAPITRE IV.

SECTION II.

TRAVAUX PUBLICS; PONTS, VIADUCS, BARRAGES, ÉCLUSES, RÉSERVOIRS, DIGUES ET JETÉES A LA MER, TRAVAUX DES PORTS, PHARES, ETC., REPRÉSENTÉS A L'EXPOSITION,

PAR M. BOMMART.

CHAPITRE PREMIER.

Travaux exécutés en France.

CHAPITRE II.

Travaux exécutés dans divers autres pays.

CHAPITRE II.

Charpenterie.

CHAPITRE III.

FIN DE LA TABLE DU TOME III.


23
MAI
64

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE CENTRALES DES CHEMINS DE FER

DE NAPOLÉON CHAIX ET Ce

Rue Bergère, 20, près du boulevard Montmartre, Paris.

EXTRAIT DU CATALOGUE DE LA LIBRAIRIE.

OUVRAGES SPÉCIAUX SUR LES CHEMINS DE FER ET LA NAVIGATION

Annuaire officiel des Chemins de fer, 13 beaux volumes (1847 à 1862) de 600 à 800 pages, avec Cartes coloriées des Chemins de fer. — Prix relié, 6 fr. le volume.

Tous les ans il paraît un volume qui fait suite aux précédents ; et cette collection d'Annuaires successifs contient des documents statistiques toujours nouveaux. Tous les volumes se lient, s'enchaînent et forment un corps d'ouvrage sans cesse varié par les différentes matières qu'il contient.

Répertoire de la Législation des Chemins de fer, rédigé sur les documents fournis par le Bureau de statistique de la Direction générale des Chemins de fer, du Ministère de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics. Un volume in-18 jésus. Prix relié, 4 fr.

Code annoté des Chemins de fer en exploitation, ou *Recueil méthodique et chronologique des Lois, Décrets, Ordonnances, Arrêtés, Circulaires, etc., concernant l'exploitation technique et commerciale des Chemins de fer*, publié, annoté au moyen des décisions de l'Autorité judiciaire, et mis en ordre par M. E. Lamé Fleury, ingénieur au corps impérial des mines, attaché au contrôle des Chemins de fer de l'Est. — Un beau volume in-8°. Prix broché, 15 fr.

Manuel des Transports à Grande et à Petite vitesse sur les Chemins de fer, par M. Petit de Colpray. — Un vol. Prix 3 fr.; relié, 4 fr.

Traité du Contrat de transport par terre, et spécialement par chemins de fer, par M. Charles Deverdy. Un beau volume in-8° de 500 pages. Prix broché, 7 fr.

Des Litiges en matières de transports par Chemins de fer, par M. Pommier, chef du Bureau des réclamations au Chemin de fer du Nord. — Un volume. Prix broché, 3 fr.; relié, 4 fr.

Traité de Comptabilité du Matériel des Chemins de fer, par Frédéric Hubert. Prix broché, 3 fr.; relié, 4 fr.

Dictionnaire des Chemins de fer, par A. de Cousy de Fageolles. — Préface par Emile With. Prix broché, 4 fr.

Vade-Mecum de l'Ingénieur des Chemins de fer, donnant des méthodes nouvelles, exactes et faciles pour le tracé des courbes des Chemins de fer, les changements et croisements de voies, le calcul des déblais et remblais, le nivellement, etc., avec planches et figures, par Olivier Byrne, ingénieur anglais. Prix relié, 5 fr. — En forme de portefeuille, 6 fr.

Cours Théorique et Pratique de Télégraphie électrique, professé au ministère de l'intérieur. — 2 volumes. Prix brochés, 2 fr. le volume.

☞ *Nous expédions* franco *dans toute la France, aux prix de notre Catalogue, tous les ouvrages qui y sont indiqués, lorsqu'on nous en adresse d'avance le montant en un bon sur la poste ou sur Paris.*

(Voir la suite au volume suivant.)


Digitized by Google

